

Comune di Bentivoglio (BO)

**Progetto per la realizzazione di un nuovo comparto
residenziale (Ambito ANS-C 10) in via G. Marconi a
Bentivoglio (Bologna).**

**ASPETTI IDRAULICI INERENTI IL PIANO DI
GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI**

Bologna, 4 Aprile 2022



Ing. Marco Maglionico

Via della Beverara, 224/7

40131 – Bologna

Tel. 3482629797

e-mail: marco.maglionico@gmail.com

INDICE

1. INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO DELL'AREA.....	3
2. CONFORMITA' DELL'INTERVENTO RISPETTO AL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA	7
3. PORTATE DI PROGETTO	15
4. MODELLO IDRAULICO DI ALLAGAMENTO DEL CANALE NAVILE	23
5. CONCLUSIONI	34

1. INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO DELL'AREA

La presente relazione affronta gli aspetti idraulici connessi all'attestazione di assenza di incremento del rischio idraulico per l'intervento residenziale di espansione, ambito ANS-C 10, sito in via G. Marconi nel Comune di Bentivoglio (BO).

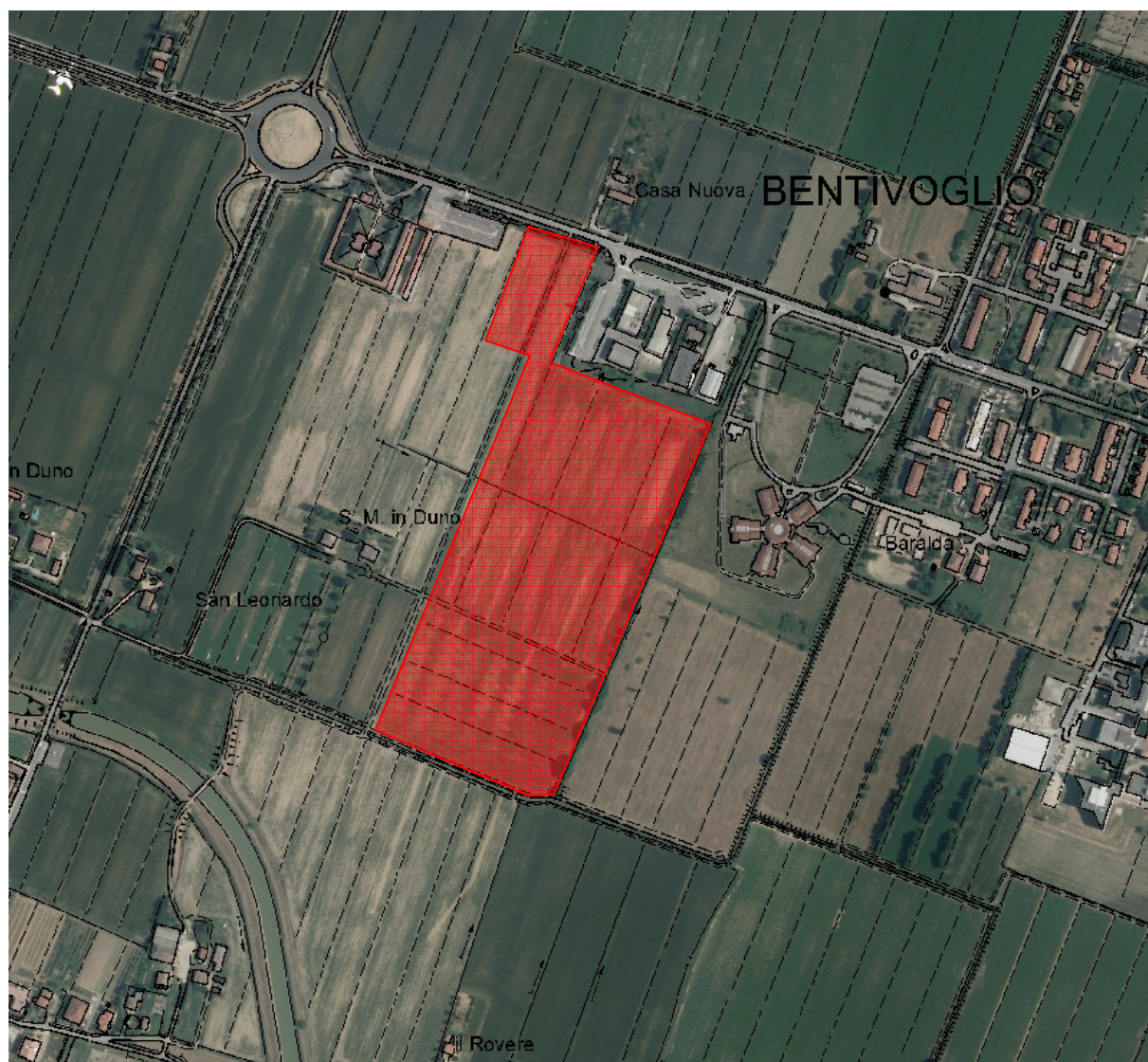


Figura 1 – Estratto della CTR, su base ortofoto, con evidenziata l'area di interesse.

L'inserimento del nuovo insediamento nel contesto urbanistico esistente richiede la realizzazione di nuove reti di fognatura separate e vincolate altimetricamente alle quote di scorrimento dei rispettivi recapiti: le acque nere saranno recapitate sulla rete esistente lungo Via Guglielmo Marconi; le acque meteoriche provenienti dalle superfici scolanti saranno recapitate sul canale passante per il confine sud dell'ambito previo accumulo in invaso di laminazione in modo che gli apporti non siano superiori a 10 l/s per ettaro di superficie

territoriale. Per tali aspetti si rimanda agli elaborati di progetto sviluppati nell'ambito della progettazione delle opere di urbanizzazione.

Nell'area oggetto del presente studio è presente una derivazione del fosso di guardia a capo del consorzio CER. Invece, come si evince dalle cartografie del Consorzio di Bonifica, l'area in oggetto non presenta canali in loro gestione (si veda figura a seguire).

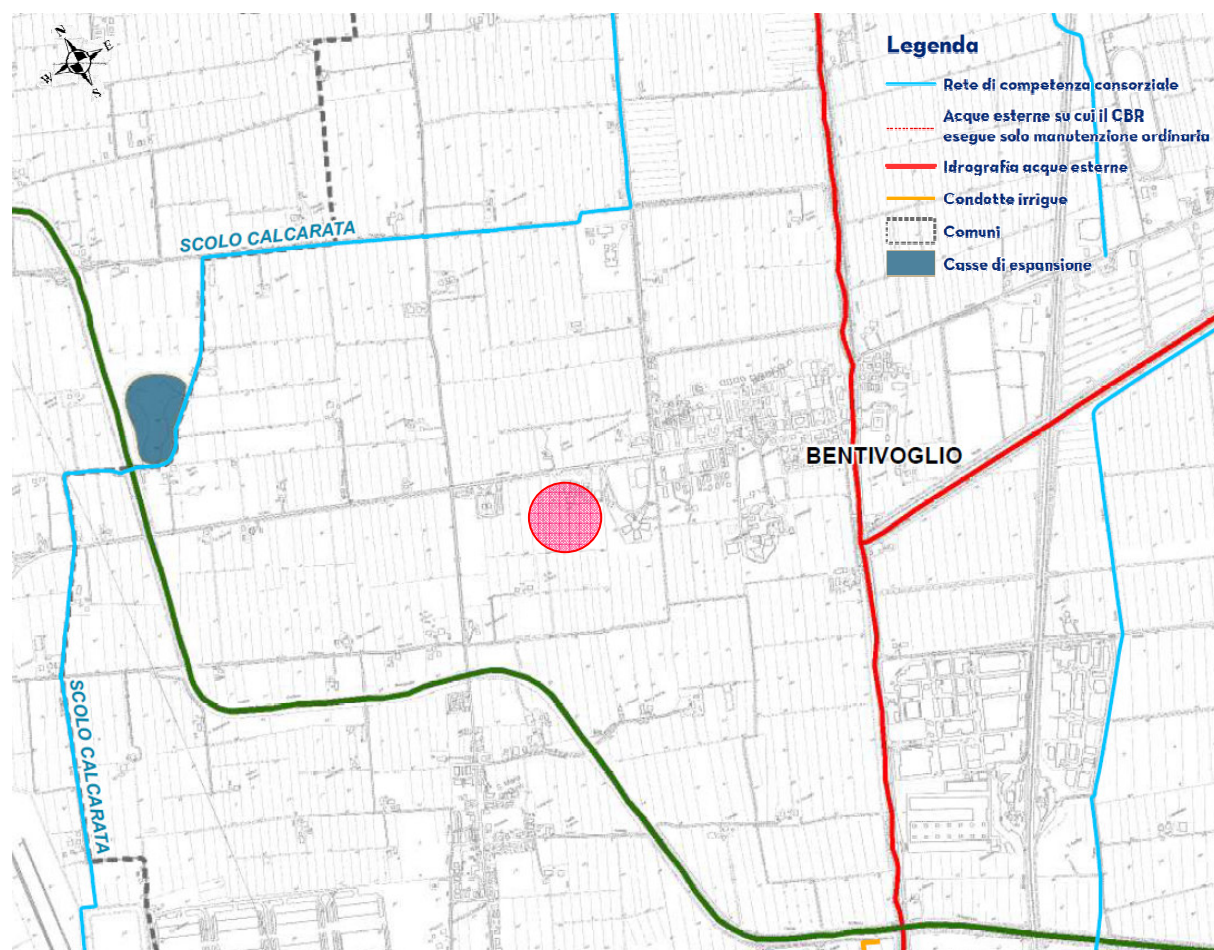


Figura 2 – Rappresentazione dei canali principali gestiti dal Consorzio della Bonifica Renana e localizzazione dell'area di interesse.

Analizzando la cartografia presente sul geoportale della regione Emilia-Romagna, il canale destinato a ricevere le acque meteoriche del comparto, dallo stralcio cartografico riportato nella figura sottostante, si può notare come tale scolo sia una derivazione del fosso di guardia del canale CER che scorre parallelo in destra idraulica al Canale Emiliano Romagnolo stesso.

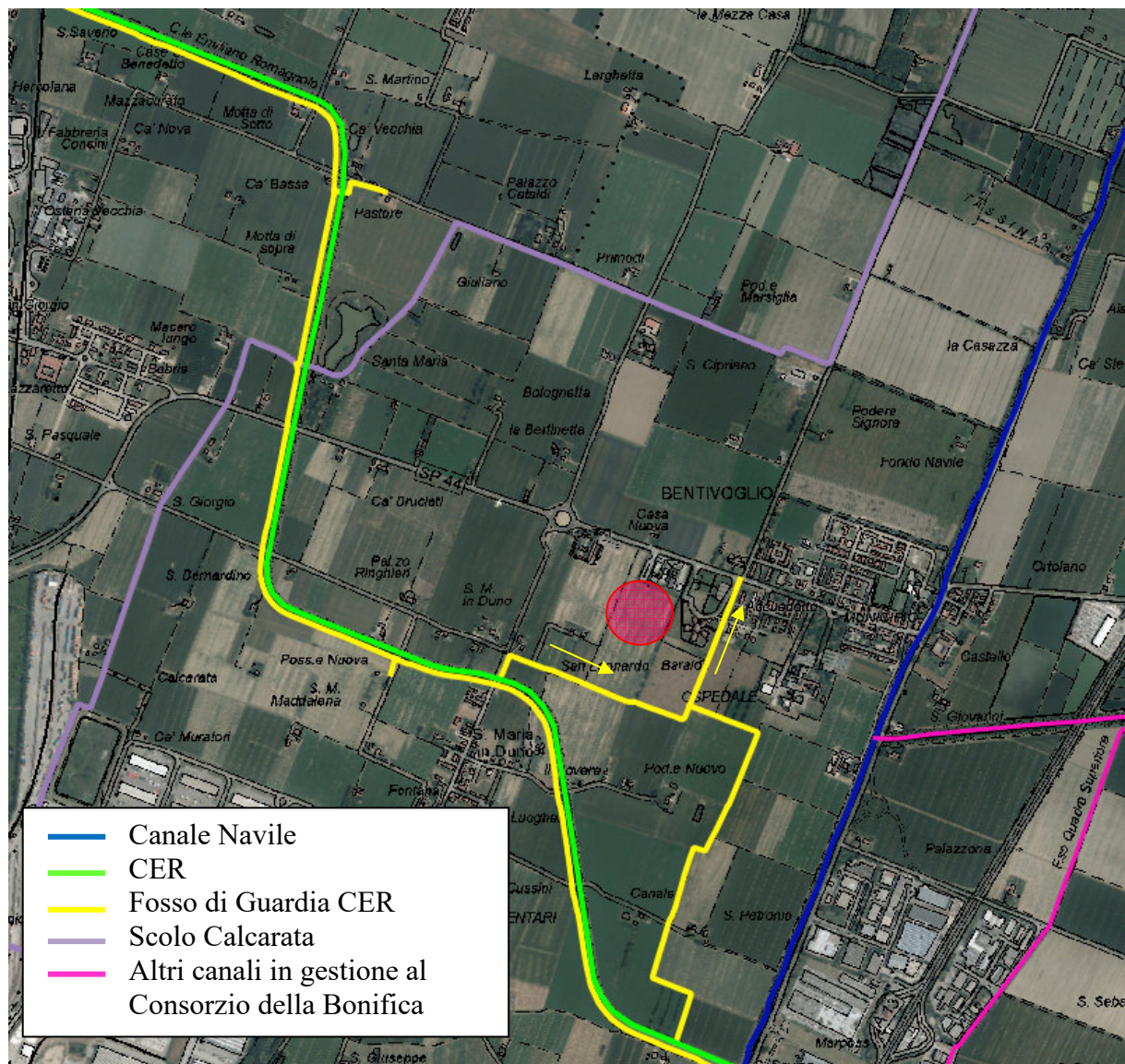


Figura 3 – Rappresentazione dei principali canali limitrofi all'area oggetto di studio.

Tramite il portale webgis del consorzio CER, vedi



Figura 4; lo scolo presente nell'area oggetto del presente studio, passa sotto al CER per collegarsi al fosso privato lungo via Vietta che si ricollega allo scolo Calcarata.

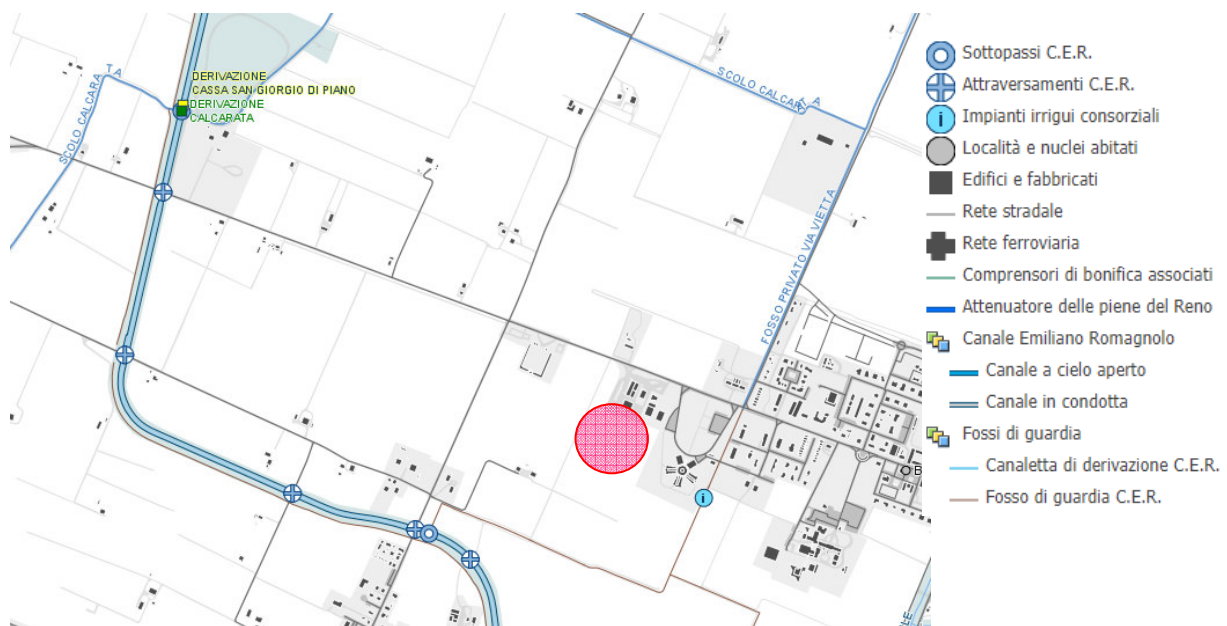


Figura 4 – Estratto dalla cartografia webgis disponibile sul portale del consorzio CER.

Ad est del comparto, a circa 1 km di distanza, si trova il Canale Navile, che rappresenta il corpo idrico principale oggetto di indagine ai fini della valutazione del rischio alluvioni. In particolare il Canale Navile, costruito tra la fine del 1100 e l'inizio del 1200, collegava in origine Bologna a Venezia e rappresentava un'importante via di collegamento per i traffici commerciali marittimi perché navigabile fino al mare grazie a tutti i “sostegni” e le opere idrauliche costruite lungo il suo percorso.

Lo Scolo Calcarata, ad ovest del comparto, non risulta significativo ai fini della modellazione idraulica in quanto per il tratto a sud trova il Canale Emiliano Romagnolo a fare da barriera, mentre per il tratto a valle del CER, le pendenze, da sud a nord, del terreno sono tali da salvaguardare l'area da eventuali allagamenti di tale scolo.

Lo studio idraulico viene realizzato utilizzando in parte gli Studi Idrologici condotti dall'Autorità di Bacino del Reno. Per quanto riguarda i dati altimetrici del territorio si è fatto riferimento al rilievo di dettaglio del territorio LIDAR fornito dal Ministero dell'Ambiente e per il Canale Navile sono state utilizzate le sezioni rilevate dall'Autorità di Bacino.

Nel seguito della relazione verranno evidenziati i vincoli normativi per quanto riguarda gli aspetti idraulici e le soluzioni progettuali adottate per non incrementare il rischio idraulico da alluvione.

2. CONFORMITA' DELL'INTERVENTO RISPETTO AL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.) è lo strumento di pianificazione previsto, nella legislazione comunitaria, dalla Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e gestione del rischio di alluvioni, recepita nell'ordinamento italiano con il D.Lgs. n. 49/2010.

I Piani di gestione del rischio di alluvioni (art. 7 Direttiva 2007/60/CE e D.Lgs. 49/2010), adottati il 17 dicembre 2015, sono stati approvati il 3 marzo 2016 dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali.

È appena terminato il secondo ciclo di attività, Dicembre 2021, che porterà all'approvazione dei nuovi PGRA (attualmente in fase di pubblicazione). A Dicembre 2020 è stato pubblicato il Progetto di aggiornamento e revisione del PGRA.

Il territorio della Regione Emilia-Romagna è interessato da due nuovi Piani: il PGRA del distretto padano e del distretto dell'Appennino Centrale. L'edificio di interesse rientra all'interno del Piano del Distretto Padano o "Distretto Fiume Po".

Il piano si compone di una parte cartografica, consistente nel quadro conoscitivo di settore costituito dall'insieme delle mappe di pericolosità e di rischio di alluvioni a scala di bacino, da una relazione generale (comprensiva di allegati) con le misure relative alle fasi del ciclo di gestione del rischio di prevenzione e protezione, una parte specifica relativa alle misure di preparazione e ritorno alla normalità ed analisi (Parte B, art. 7, comma b del D.Lgs n. 49/2010) ed il rapporto ambientale.

I Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni sono predisposti sulla base delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni, che costituiscono, quindi, il quadro conoscitivo in riferimento al quale il PGRA individua i propri obiettivi di gestione del rischio e le misure per raggiungerli. Sono uno strumento di informazione e la base di conoscenze per definire le priorità di azione per la riduzione del rischio di alluvione.

Le mappe della pericolosità individuano le aree potenzialmente interessate da inondazioni in relazione a tre scenari:

- Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (P1, probabilità bassa);
- Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno di riferimento fra 100 e 200 anni (P2, media probabilità);
- Alluvioni frequenti: tempo di ritorno di riferimento fra 20 e 50 anni (P3, elevata probabilità).

Le mappe del rischio rappresentano le potenziali conseguenze negative delle alluvioni, espresse in relazione agli elementi potenzialmente coinvolti: popolazione, tipo di attività economiche, patrimonio culturale e naturale, impianti che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di evento, ecc.. suddividendo il territorio in 4 classi di rischio, ottenute dalle mappe di pericolosità valutando i danni potenziali:

- R4 molto elevato
- R3 elevato
- R2 medio
- R1 moderato o nullo

In riferimento alla definizione di alluvione della Direttiva Alluvioni e del D.Lgs. 49/2010 (“allagamento temporaneo, anche con trasporto ovvero mobilitazione di sedimenti anche ad alta densità, di aree che abitualmente non sono coperte d’acqua. Ciò include le inondazioni causate da laghi, fiumi, torrenti, eventualmente reti di drenaggio artificiale, ogni altro corpo idrico superficiale anche a regime temporaneo, naturale o artificiale, le inondazioni marine delle zone costiere ed esclude allagamenti non direttamente imputabili ad eventi meteorologici”), la Regione Emilia-Romagna ha predisposto le mappe di pericolosità e rischio in riferimento a tre tipologie di fenomeni:

- fenomeno delle inondazioni generate dai corsi d’acqua naturali (denominato nel PGRA “ambito Corsi d’acqua Naturali”)
- fenomeno delle inondazioni generate dal reticolo secondario di pianura (denominato nel PGRA “ambito Reticolo di Bonifica”)
- fenomeno delle inondazioni generate dal mare (denominato nel PGRA “ambito Costa”).

Le mappe del rischio individuate dai PGRA, sono state integrate negli strumenti di pianificazione di bacino vigenti (PAI), attraverso i quali sono stati configurati gli assetti idraulico-territoriali, che assicurano condizioni di equilibrio e compatibilità tra le dinamiche idrogeologiche e le attività di sviluppo sul territorio.

Le autorità di bacino competenti sulle UoM (Unit of Managment) hanno infatti individuato nei loro rispettivi strumenti le situazioni a maggiore rischio, adottando criteri simili e paragonabili a quelli indicati nei PGRA, con riferimento alle aree di esondazione del reticolo principale e secondario di ciascun bacino.

La variante ai Piani Stralcio del bacino idrografico del Fiume Reno finalizzata al coordinamento tra i piani e il Piano Gestione Rischio Alluvioni, è stata approvata con deliberazione n. 2111 del 05/12/2016 e aggiornata con deliberazione 7/2019 tramite decreto n. 292 del 10/09/2020. Gli aggiornamenti delle cartografie e le relazioni metodologiche per l'aggiornamento del Piano sono visionabili al sito: <https://pianoalluvioni.adbpo.it/>.

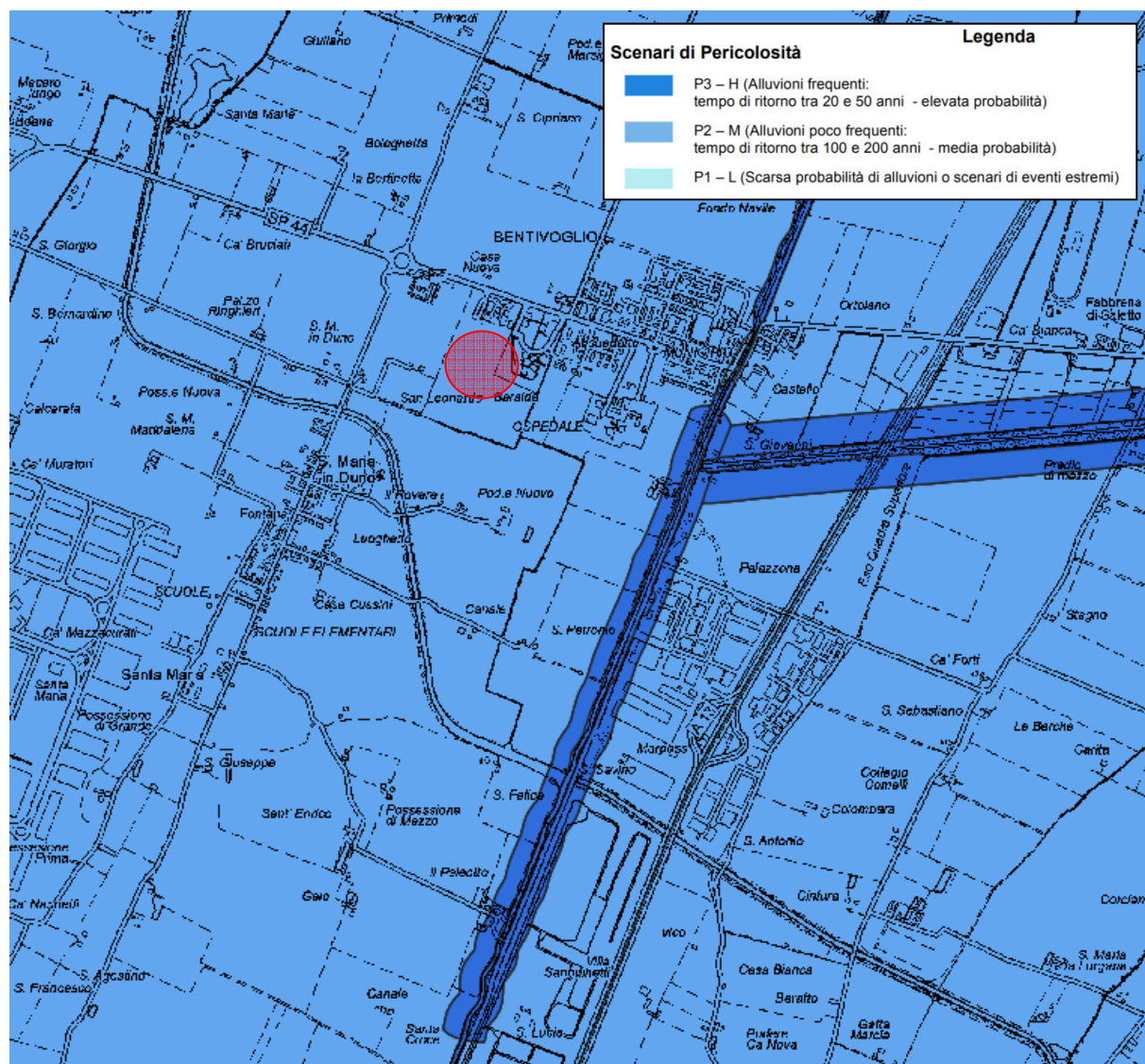


Figura 5 – Stralcio della cartografia relativa alla mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti per l'ambito territoriale relativo al reticolo naturale principale e secondario collinare montano del PGRA con evidenziata la posizione dell'area di interesse.

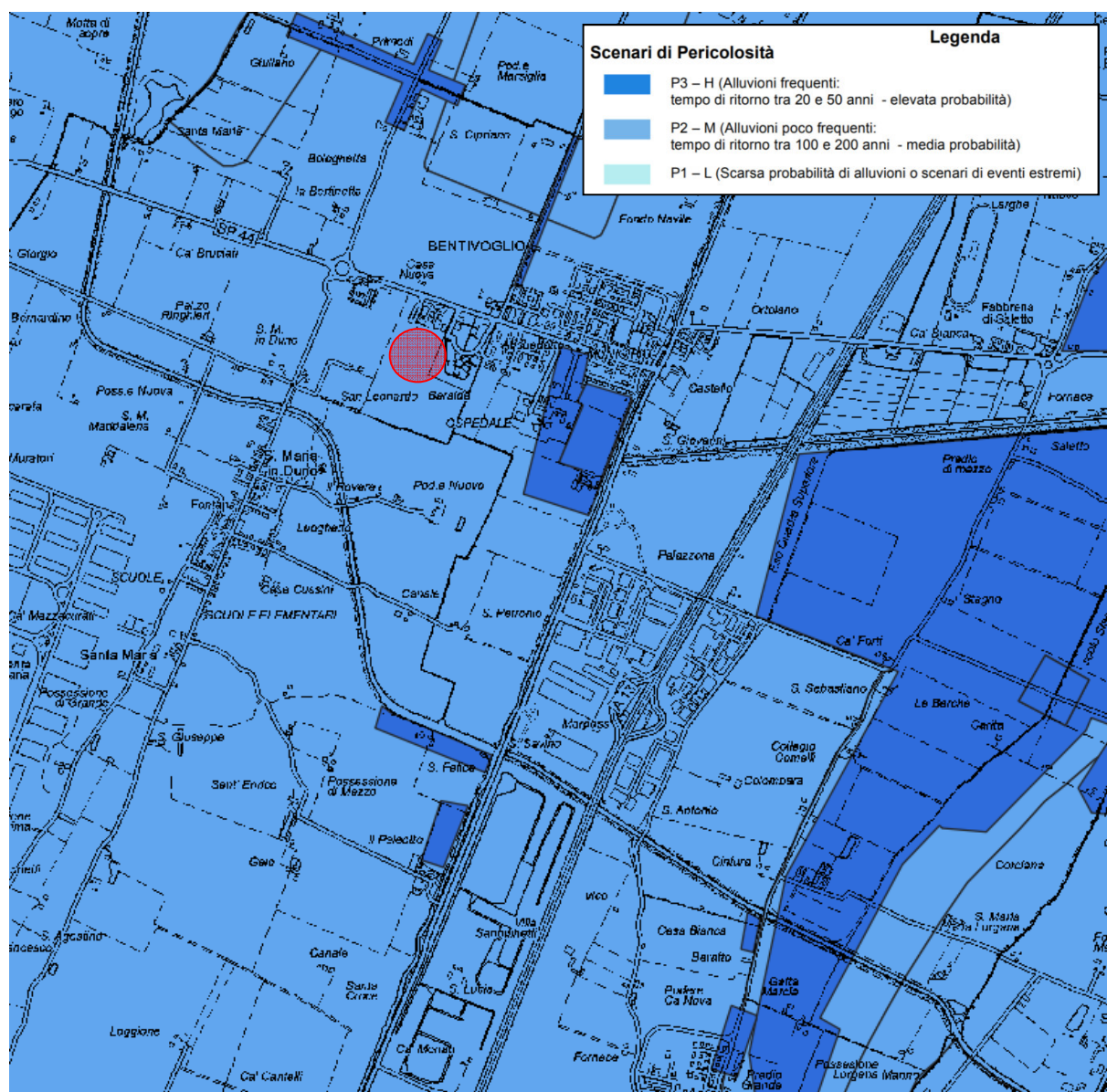


Figura 6 – Stralcio della cartografia relativa alla mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti per l'ambito territoriale relativo al reticolo secondario di pianura del PGRA con evidenziata la posizione dell'area di interesse.

Si evidenzia pertanto che il comparto di interesse, nell'ambito degli elaborati relativi alle mappe di pericolosità, risulta come area potenzialmente interessata da alluvioni poco frequenti (P2) nell'area di interesse per il reticolo naturale principale e per il reticolo secondario di pianura.

Oltre alle mappe di pericolosità si riporta la cartografia relativa alle mappe del rischio di alluvioni. Tali mappe, indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni e prevedono le 4 classi di rischio già descritte in precedenza. In particolare si evidenzia:

- R4 (rischio molto elevato): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
- R3 (rischio elevato): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale.
- R2 (rischio medio): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
- R1 (rischio moderato o nullo): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

In particolare la definizione del concetto di rischio si basa sulla seguente formula:

$$R = P \times E \times V = P \times Dp$$

dove:

- P (pericolosità): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area e in un certo intervallo di tempo, di un fenomeno naturale di assegnata intensità;
- E (elementi esposti): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività (economiche, sociali, ecc.) esposte ad un evento naturale;
- V (vulnerabilità): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale;
- Dp (danno potenziale): grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità, funzione sia del valore che della vulnerabilità dell'elemento esposto;
- R (rischio): numero atteso di vittime, persone ferite, danni a proprietà, beni culturali e ambientali, distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità.

In particolare la Regione Emilia-Romagna ha svolto l'analisi del rischio sovrapponendo, mediante procedure automatizzate su piattaforma GIS, alle mappe della pericolosità di alluvioni la cartografia degli elementi esposti distinti in 4 classi di danno potenziale (da D4 a D1), utilizzando l'algoritmo definito dagli "Indirizzi operativi" del Ministero dell'Ambiente, in particolare mediante la elaborazione di una matrice generale che associa le classi di

pericolosità P1, P2, P3 alle classi di danno D1, D2, D3 e D4, declinata in funzione della specificità e dell'intensità dei processi attesi.

Pertanto, definiti i 3 livelli di pericolosità (P3, P2, P1) e i 4 di danno potenziale (D4, D3, D2, D1) sono stati stabiliti i quattro livelli di Rischio conseguenti R4, R3, R2 ed R1 e quindi redatte le mappe del rischio.

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R4	R4	R2
D3	R4	R3	R2
D2	R3	R2	R1
D1	R1	R1	R1

Matrice del rischio (Indirizzi Operativi MATTM)

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R4	R4	R2
D3	R4	R3	R2
D2	R3	R2	R1
D1	R1	R1	R1

RP e RSCM Alpino – Matrice A

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R4	R3	R2
D3	R3	R3	R1
D2	R2	R2	R1
D1	R1	R1	R1

RSCM Appennino, ACM e ACL – Matrice B

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R3	R2	R1
D3	R3	R1	R1
D2	R2	R1	R1
D1	R1	R1	R1

RSP – Matrice C

Figura 7 – Matrici del rischio Distretto fiume Po (aggiornamento 2020).

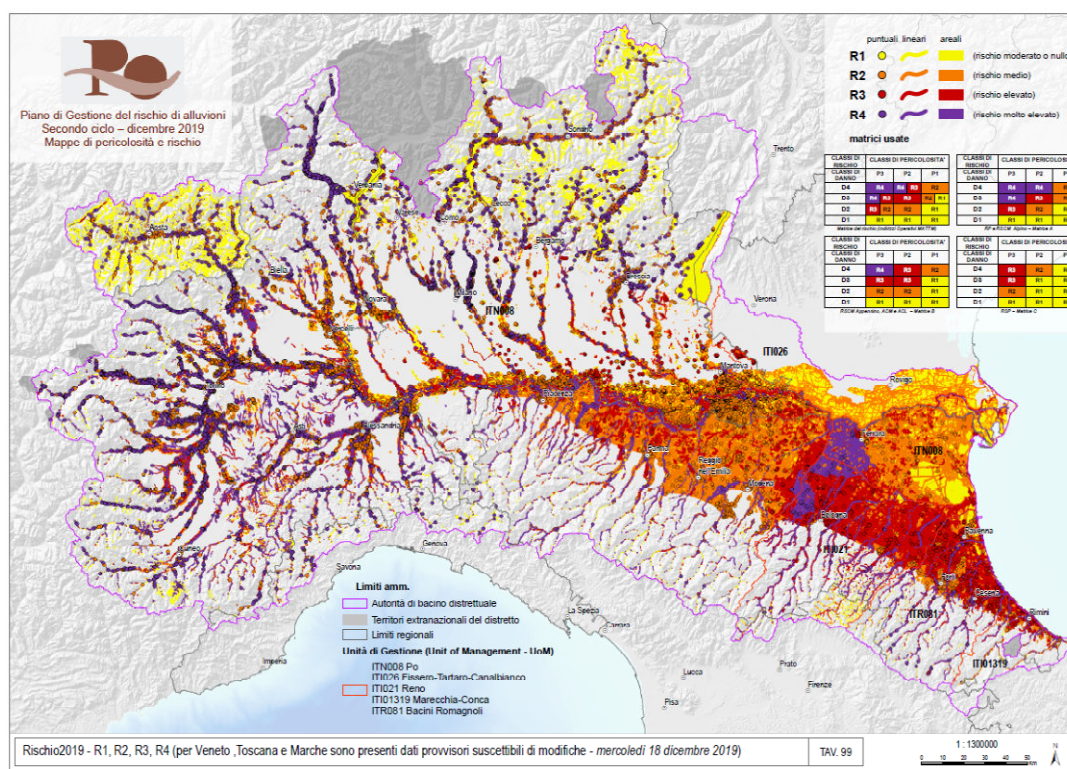


Figura 8: Mappa del rischio aggiornata nel 2019 relativa al Distretto del fiume Po.

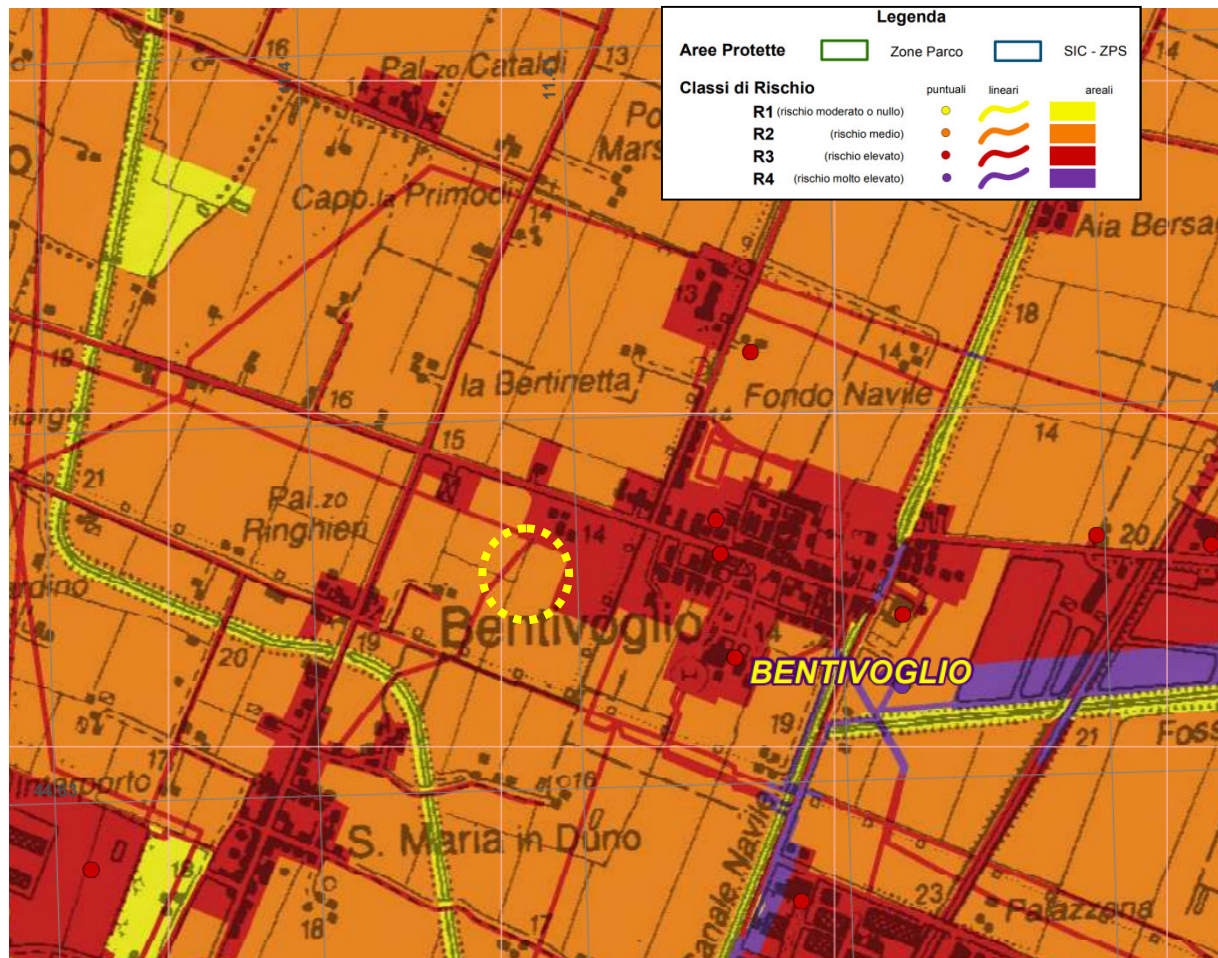


Figura 9 – Stralcio della cartografia “203 SO – San Giorgio di Piano” relativa alla mappa del rischio potenziale per l’ambito territoriale relativo al reticolo naturale principale e secondario collinare montano del PGRA con evidenziata la posizione dell’area di interesse.

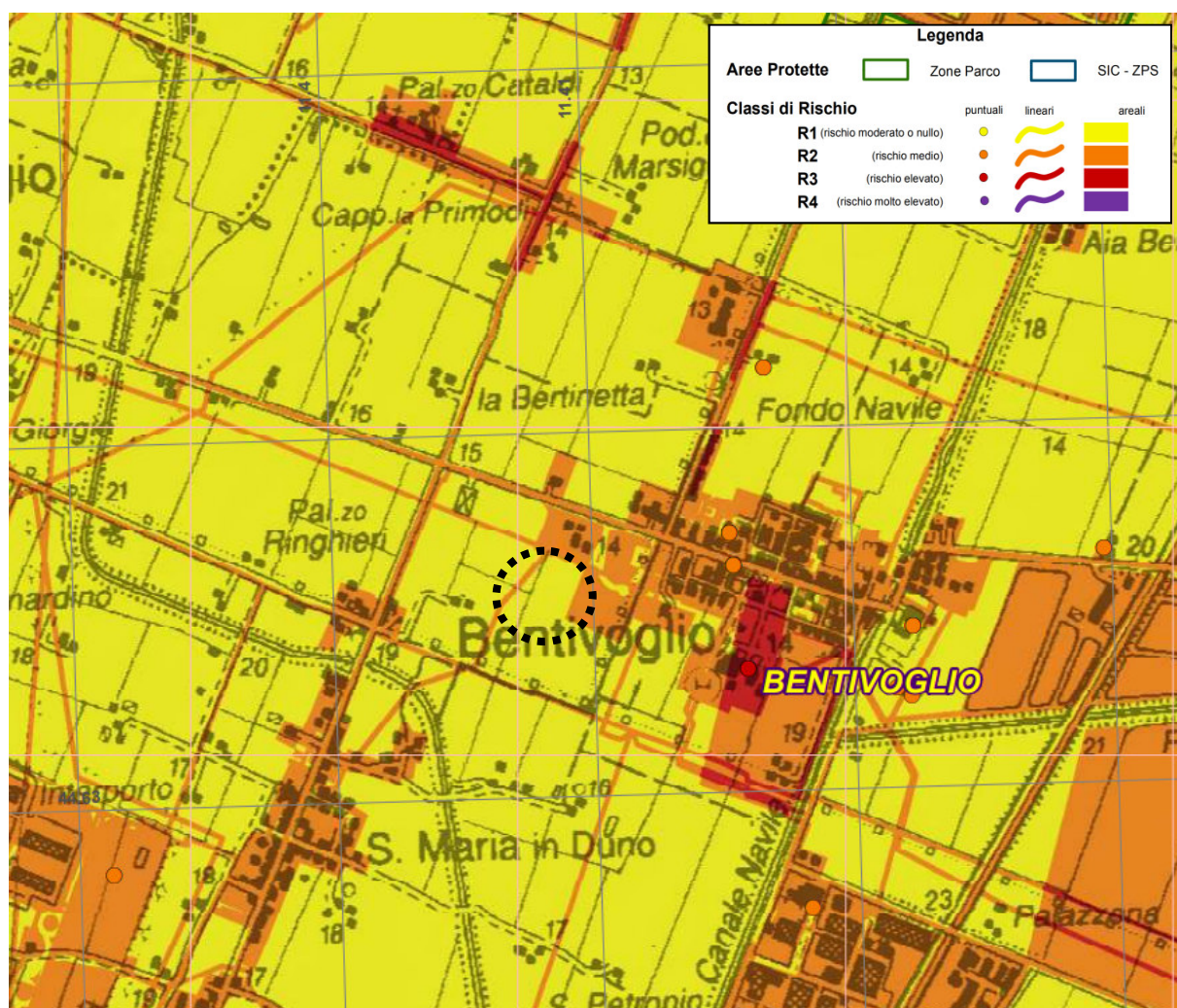


Figura 10 – Stralcio della cartografia “203 SO – San Giorgio di Piano” relativa alla mappa del rischio potenziale per l’ambito territoriale relativo al reticolo secondario di pianura del PGRA con evidenziata la posizione dell’area di interesse.

Sulla base delle cartografie relative alle mappe del rischio si evidenzia che il comparto di interesse ricade in parte nella classe R2-R3 (rischio medio-elevato) per quanto riguarda l’ambito del reticolo principale e secondario collinare montano e in classe R1-R2 (rischio moderato-medio) per l’ambito relativo al reticolo secondario di pianura.

A sintesi della cartografia sopra riportata visto che il comparto si trova in area P2, ossia in aree che possono risultare inondabili con Tempi di Ritorno tra 100 e 200 anni (media probabilità) occorre mettere in atto provvedimenti al fine di non incrementare il rischio idraulico da allagamento dell’area.

Pertanto nel seguito della relazione si provvederà ad effettuare un approfondimento idrologico/idraulico per l’area in esame.

3. PORTATE DI PROGETTO

Il sistema idraulico di riferimento per l'area di interesse è denominato “Sistema Navile-Savena Abbandonato”. Il suo reticolo idrografico principale è rappresentato dai seguenti corsi d'acqua: il Navile, con una lunghezza complessiva di circa 36 km, di cui 22 km arginati; il Battiferro, con una lunghezza di circa 2.3 km, non arginato; il Savena Abbandonato, con una lunghezza complessiva di circa 32 km di cui 22 arginati; il Diversivo, con una lunghezza di circa 4 km, completamente arginato.

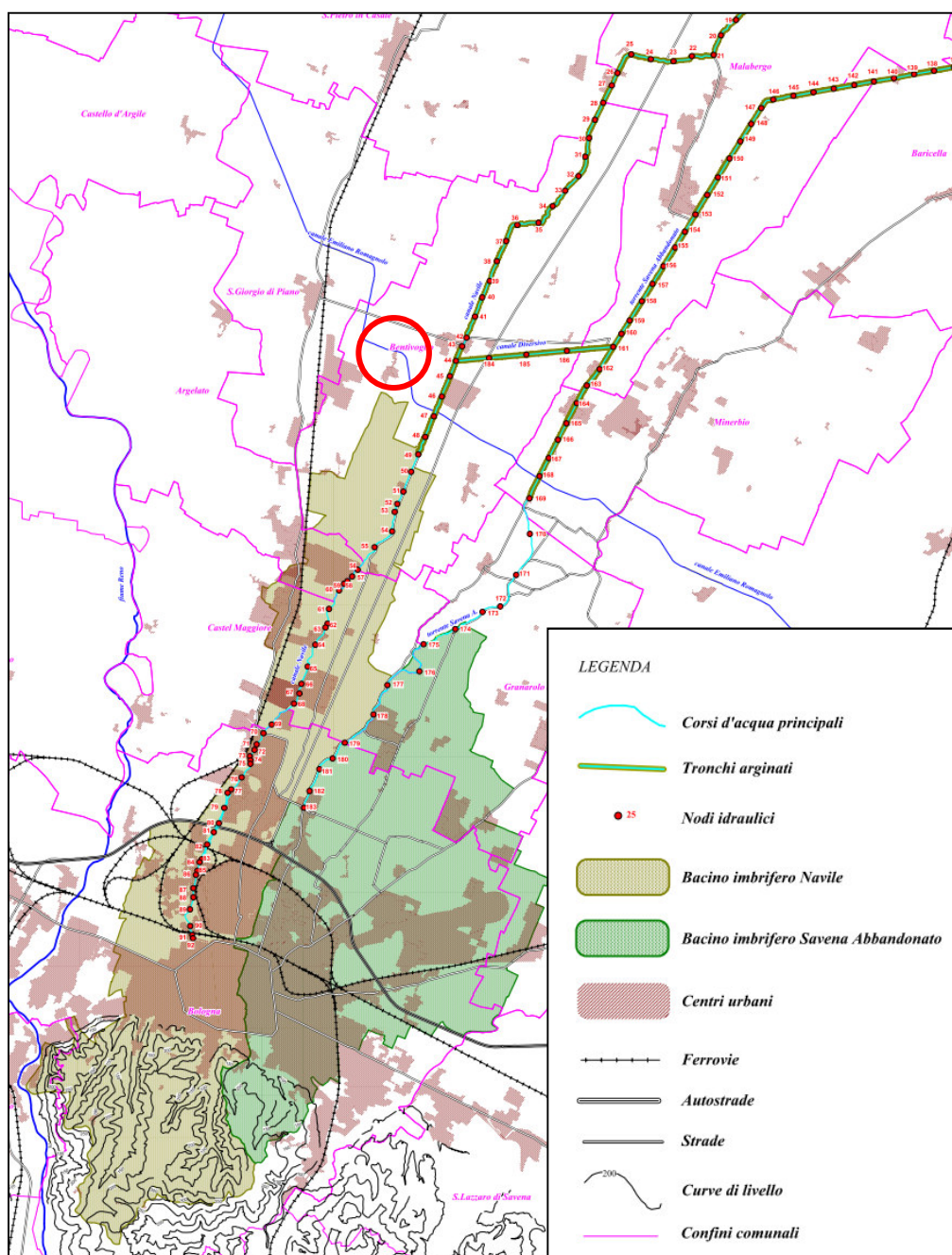


Figura 11 – Rappresentazione del Bacino Idrografico del sistema idraulico Navile-Savena Abbandonato tratto dal Piano Stralcio redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Reno e localizzazione del sito di interesse.

Il bacino imbrifero complessivo di tale sistema idraulico è di circa 111 km².

Il sistema idraulico del Canale Navile trae origine dal Canale di Reno, di cui di fatto è la continuazione a nord della città. Il Canale Navile ha inizio a Bologna dal "Porto", che fu tombato negli anni trenta, presso Porta Lama. Con percorso sotterraneo raggiunge Via Bovi Campeggi, nei pressi della stazione ferroviaria, dove comincia il tratto a cielo aperto in corrispondenza dell'antico sostegno della "Bova". Qui confluiscono le acque uscite dalla centrale idroelettrica urbana del Cavaticcio (alimentata dal Canale di Reno, derivato dall'omonimo fiume alla Chiusa di Casalecchio) e quelle del Canale Aposa-Moline (che riceve più a monte parte delle acque derivate dal Savena). In sostanza nel Navile vengono raccolte acque provenienti in modo più o meno diretto dal Fiume Reno e dal Torrente Savena, incrementate da quelle drenate dalle colline bolognesi e dagli scarichi di troppo pieno della rete fognaria delle aree urbane attigue.

Dopo la confluenza della "Bova" il canale passa sotto il complesso ferroviario mediante un tunnel e torna definitivamente allo scoperto poco oltre; prosegue poi in direzione Nord, passando per Corticella, Castelmaggiore, Bentivoglio e Malalbergo. Dopo un percorso complessivo di circa 36 km, in massima parte arginati, si immette in località Passo Segni (9 m slm) in quello che oggi è il Fiume Reno, ma un tempo era "Pò di Primaro", a mezzo di una chiavica (denominata "Portoni") attrezzata con porte vinciane.

Viste le peculiarità di tale sistema idraulico, al fine di individuare delle portate di progetto che possano avere una valenza significativa si fa riferimento agli studi condotti dall'Autorità di Bacino del Reno nell'ambito della predisposizione del Piano Stralcio nel 1999 ("Piano Stralcio per il Sistema Idraulico "Navile - Savena Abbandonato – Relazione – Settembre 1999).

Le sezioni idrauliche a cui lo studio dell'Autorità di Bacino del Reno fa riferimento sono riportate nell'immagine seguente.

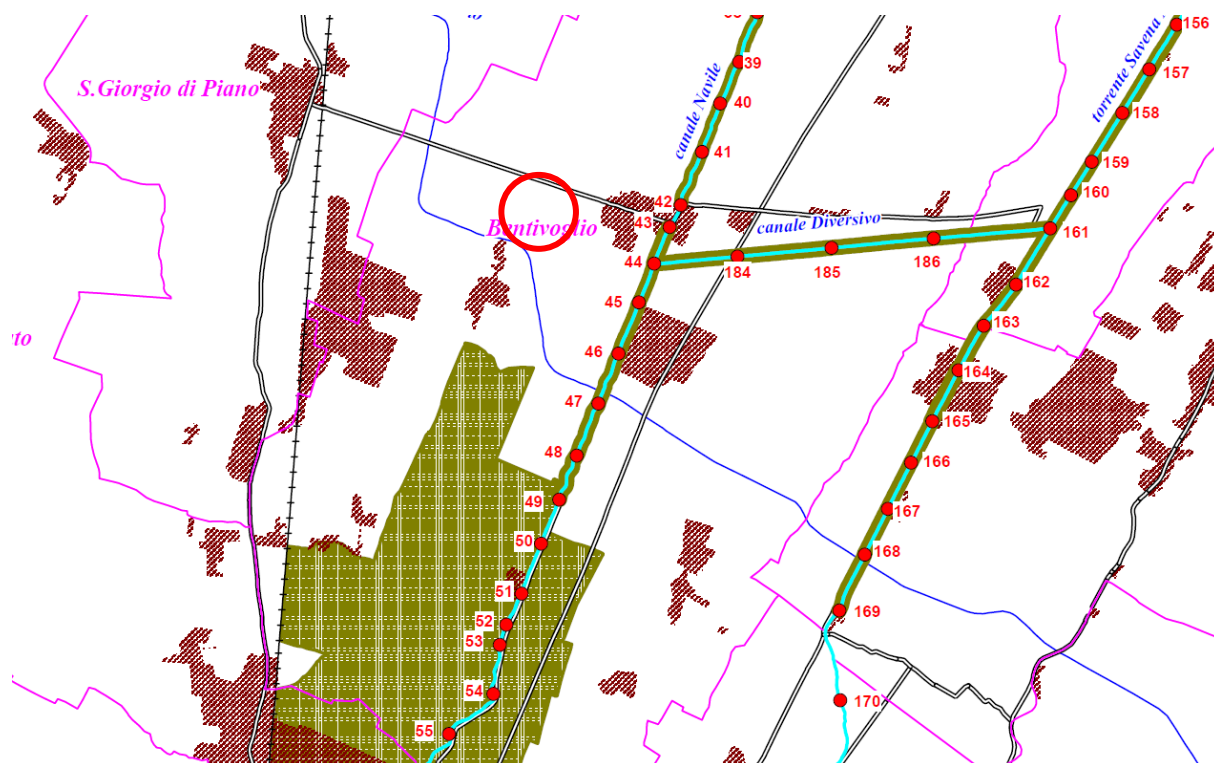


Figura 12 - Rappresentazione delle sezioni di interesse per lo studio del Canale Navile tratto dal Piano Stralcio redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Reno e localizzazione del sito di interesse.

I nodi dal 47 al 44 risultano i più significativi al fine di valutare la portata di piena di progetto.

I valori di portata di progetto con TR=10 anni e 50 anni sono riportate nelle seguenti tabelle.

TRONCHI							EVENTO PIOGGIA TR=10 anni		
Denom.	Nodi Inizio e Fine		Zona	Sezione			Livelli		Portata
				Arg	H [m]	H max [m]	Tirante [m]	Quota s.l.m. [m]	
NAV44	49	48	ponte Paleotto	1	4.8	4.8	3.3	17.3	54.1
NAV45	48	47	località Paleotto	1	4.4	4.4	3.6	17.3	53.1
NAV46	47	46	botte C.E.R.	1	4.6	4.6	3.9	17.2	52.8
NAV47	46	45	Marposs	1	4.5	4.5	4.1	17.2	51.9
NAV48	45	44	Immis. Diversivo	1	4.4	4.4	4.0	16.9	51.9

Figura 13 - Portata massima con TR=10 anni in corrispondenza delle diverse sezioni (tratta dal Piano stralcio del sistema idraulico Navile – Savena Abbandonato).

TRONCHI							EVENTO PIOGGIA TR=50 anni		
Denom.	Nodi Inizio e Fine		Zona	Sezione			Livelli		Portata [m3/sec]
				Arg	H [m]	H max [m]	Tirante [m]	Quota s.l.m. [m]	
NAV44	49	48	ponte Paleotto	1	4.8	4.8	3.9	18.0	68.2
NAV45	48	47	località Paleotto	1	4.4	4.4	4.2	17.9	66.7
NAV46	47	46	botte C.E.R.	1	4.6	4.6	4.5	17.9	66.7
NAV47	46	45	Marposs	1	4.5	4.5	4.7	17.8	65.9
NAV48	45	44	Immis. Diversivo	1	4.4	4.4	4.7	17.6	65.5

Figura 14 - Portata massima con TR=50 anni in corrispondenza delle diverse sezioni (tratta dal Piano stralcio del sistema idraulico Navile – Savena Abbandonato).

Nel medesimo documento, redatto dall'Autorità di Bacino del Reno, sono riportati anche gli idrogrammi di piena. In particolare si riportano quelli in corrispondenza del tratto di interesse nella figura seguente.

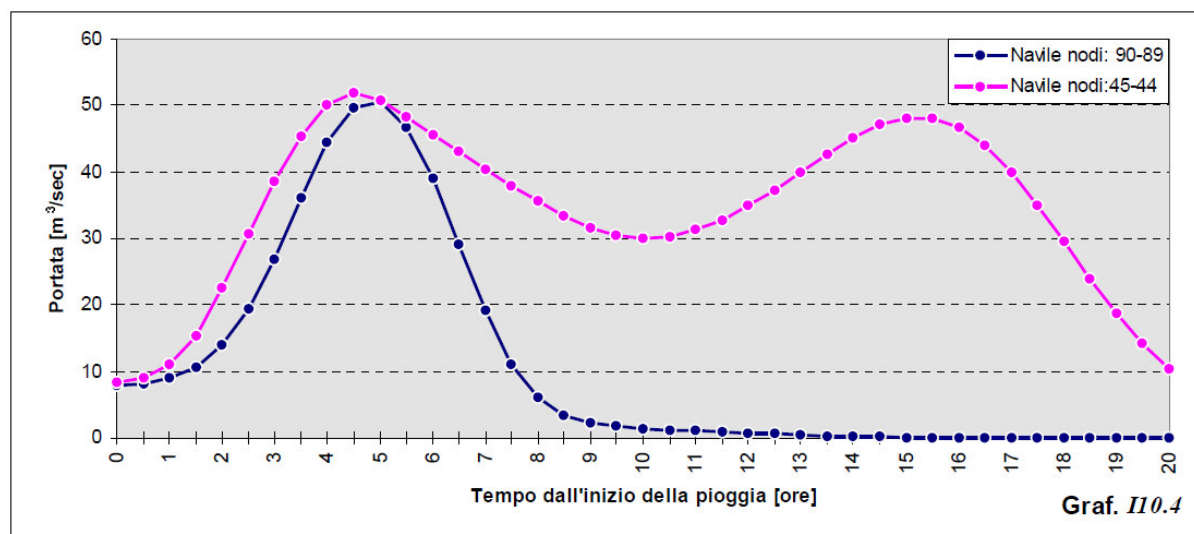


Figura 15 - Rappresentazione degli idrogrammi di piena in prossimità dell'area interesse (corrispondente alla sezione al punto 44) - tratta dal Piano stralcio del sistema idraulico Navile – Savena Abbandonato.

Il picco di portata, dopo circa 4,5 ore dall'inizio della pioggia, raggiunge il valore di circa 52 m³/sec. nell'ultimo tronco del Navile prima del Diversivo superando così il valore (circa 48 m³/sec.) del colmo di piena dovuto alla pioggia caduta su Bologna che si verifica, nel medesimo tronco (delimitato dai nodi 45-44), dopo un tempo di circa 15 ore.

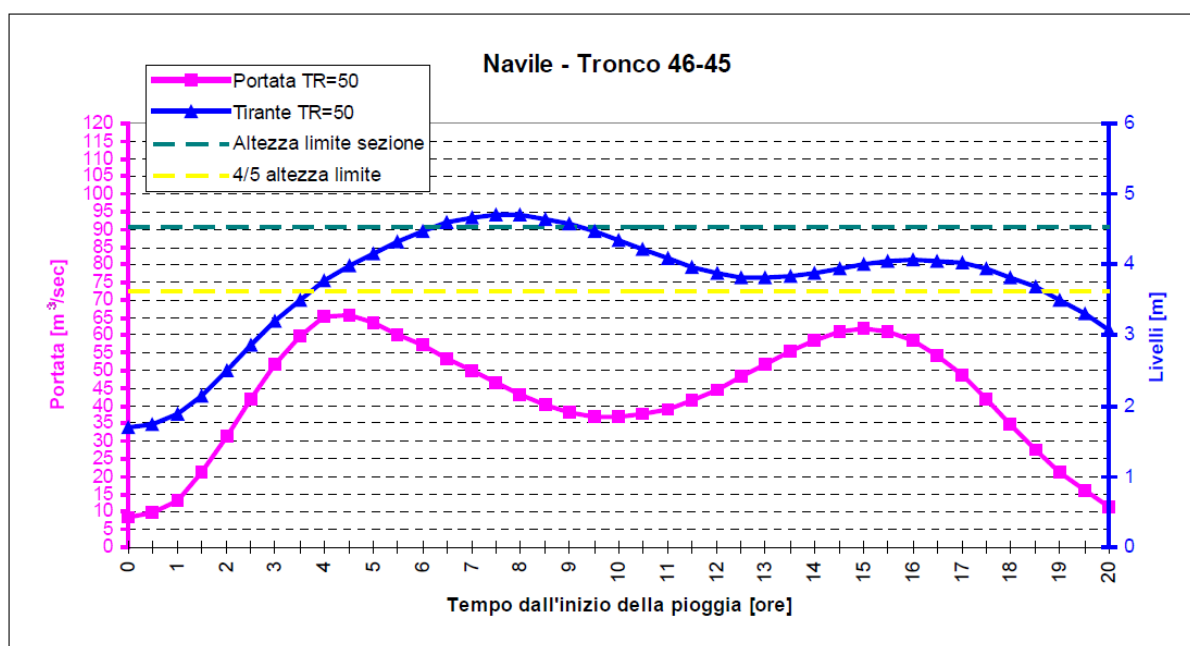


Figura 16 - Rappresentazione dell'idrogramma di piena e dell'andamento del tirante in prossimità dell'area interesse - tratta dal Piano stralcio del sistema idraulico Navile – Savena Abbandonato.

Altre indicazioni di portate con diversi Tempi di Ritorno possono essere ricavate da un ulteriore documento: “Piano Stralcio per il Sistema Idraulico "Navile - Savena Abbandonato - Allegato B - Indirizzi e criteri progettuali relativi agli interventi strutturali (art. 2 delle norme di piano) – Settembre 1999”, finalizzato al dimensionamento di alcuni sistemi di laminazione delle portate.

Corso d'acqua	Tronchi		Portate massime		
	dal nodo	al nodo	$T_R = 50$	$T_R = 100$	$T_R = 200$
Navile	92	86	70	80	90
Navile	86	77	10	10	10
Battiferro	86	77	70	80	90
Navile	77	49	70	80	90
Savena Abbandonato	183	180	30	35	40
Savena Abbandonato	180	176	50	55	60
Savena Abbandonato	176	172	45	50	55
Savena Abbandonato	172	170	60	70	75

Figura 17 – Risultati della portata massima di progetto con $TR=200$ anni in corrispondenza delle diverse sezioni e per diversi Tempi di Ritorno.

Sempre attraverso i risultati degli studi dell'Autorità di Bacino, si riportano altri idrogrammi di piena per il Navile e per il Savena Abbandonato caratterizzati da tempi di ritorno anche superiori rispetto a quelli precedenti.

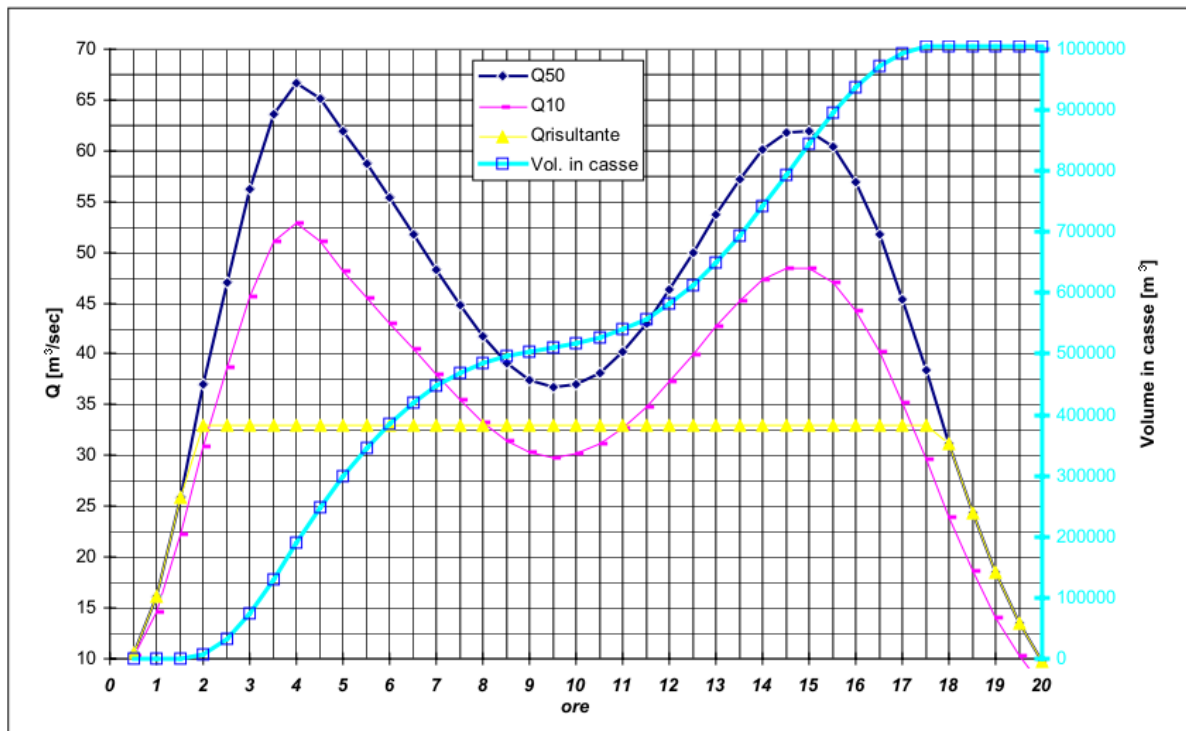


Grafico I5.1 - Navile nodi 47-46

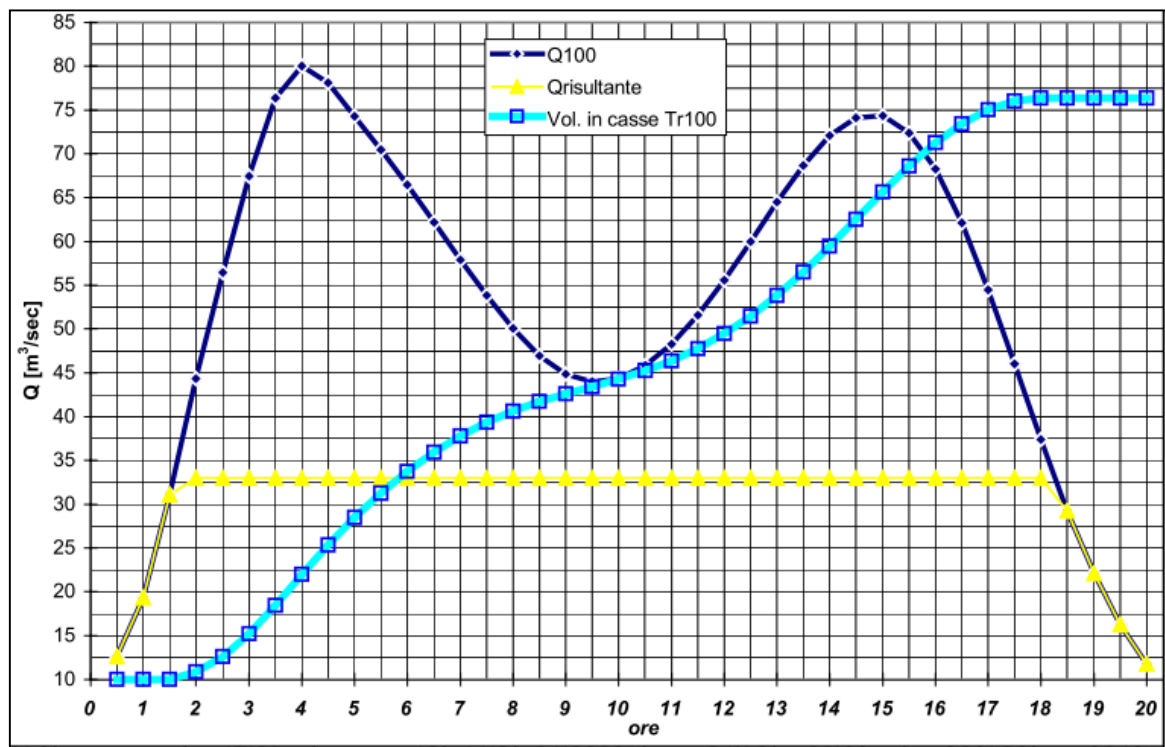


Grafico I5.3 - Navile nodi 47-46

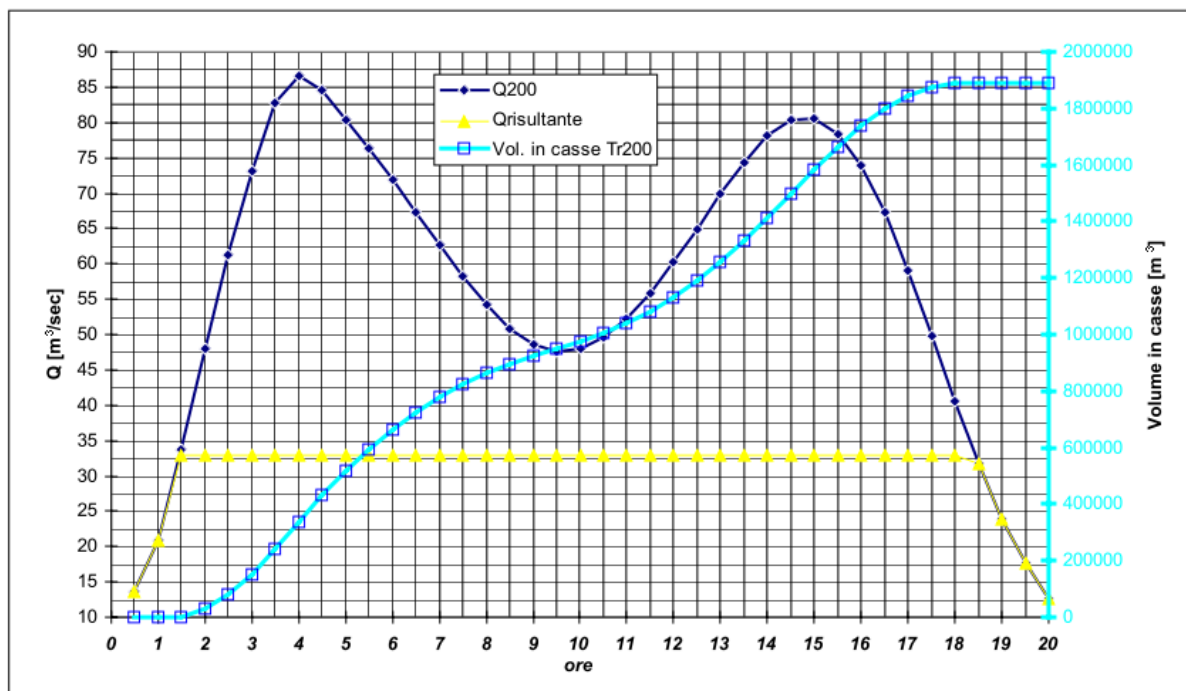


Grafico Ids.5 - Navile nodi 47-46

Figura 18 - Idrogrammi del Navile e del Savena Abbandonato con TR=10, 50, 100 e 200 anni (tratti dal Piano stralcio del sistema idraulico Navile – Savena Abbandonato).

Nella Figura seguente si riporta l'idrogramma di piena di progetto per il Tempo di Ritorno di 200 anni calcolato dall'Autorità di Bacino in prossimità della sezione di interesse.

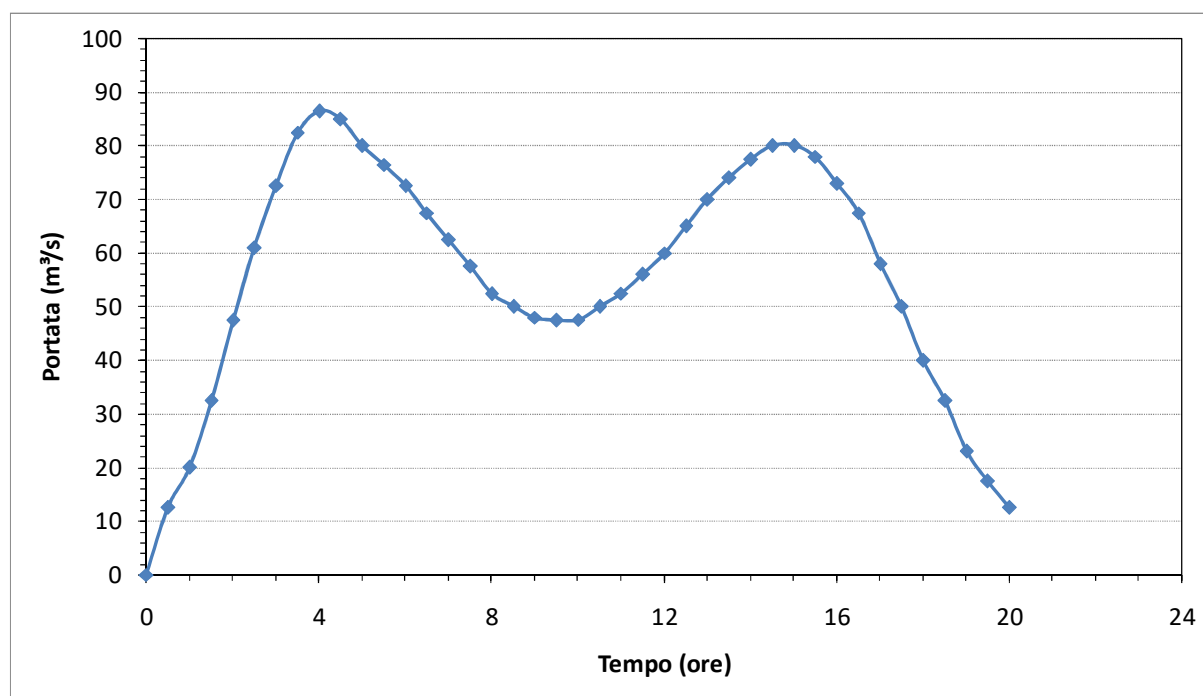


Figura 19 – Idrogramma di progetto per TR 200 anni.

Subito a valle del Diversivo, inoltre, è presente sul Navile una paratoia normalmente chiusa per impedire che le portate di piena possano giungere a Bentivoglio. Per la modellazione si ipotizza che tutta la portata del Navile venga deviata nel Diversivo.

4. MODELLO IDRAULICO DI ALLAGAMENTO DEL CANALE NAVILE

Oltre alle valutazioni riportate nell'ambito del PGRA vengono determinati i possibili tiranti idrici conseguenti ad un potenziale allagamento durante un evento di piena con Tempo di Ritorno pari a 200 anni.

La modellazione del corso d'acqua e dell'esondazione sul territorio è stata eseguita tramite il software HEC-RAS 6.2 sviluppato dall'US-Army Corps of Engineering.

I dati necessari a tale studio sono quindi le sezioni del corso d'acqua, fornite dall'Autorità di Bacino, per il tratto in oggetto e per il Diversivo, e la topografia del territorio, fornita dal Ministero dell'Ambiente, sotto forma di rilievo LIDAR.

Grazie al rilievo LIDAR è possibile ricostruire la struttura del territorio circostante. Nella figura seguente è stata riportata l'immagine della base LIDAR.

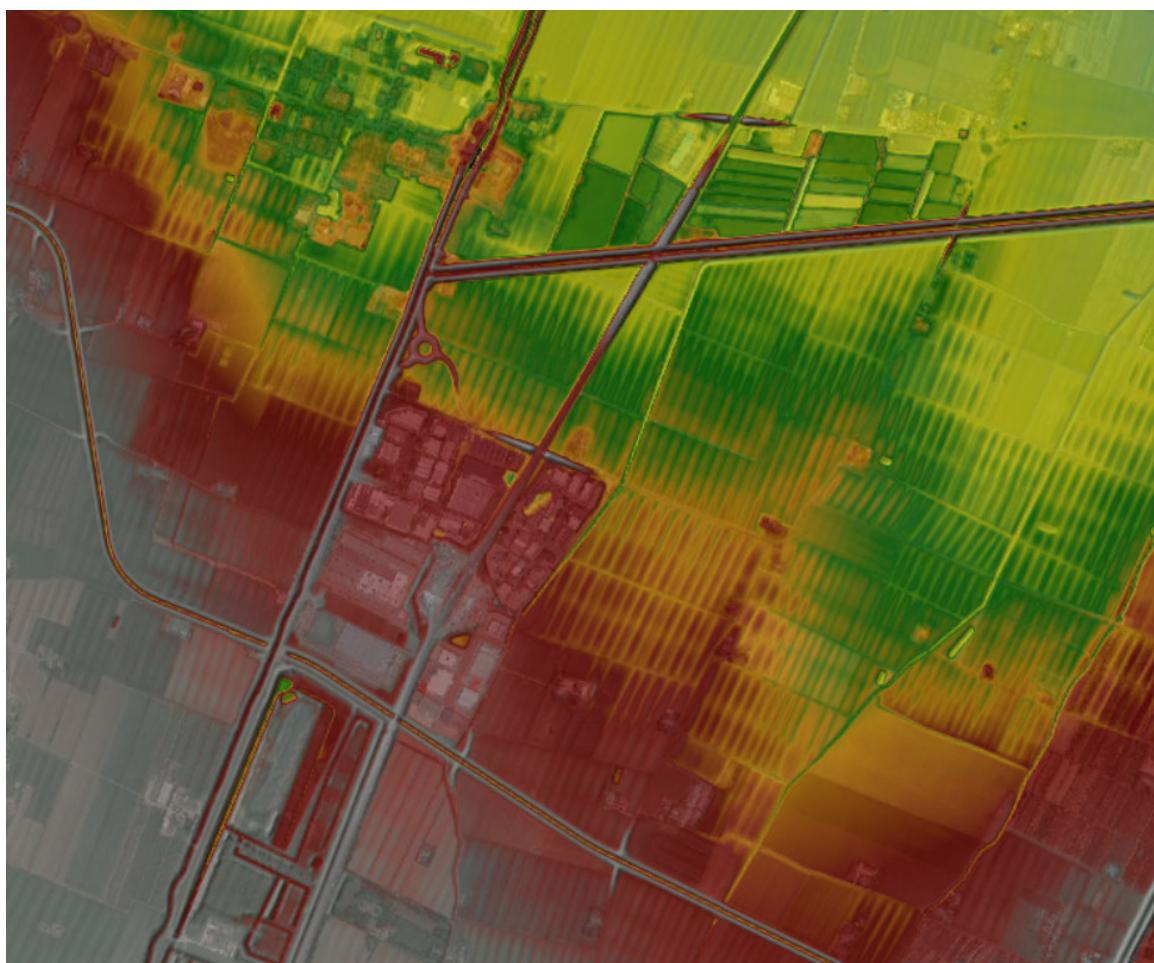


Figura 20 - Rappresentazione della mappa LIDAR-DTM.

Nel modello idraulico sono state inserite 8 sezioni, per il tratto di Navile a monte del CER fino all'immissione del Diversivo nel Savena Abbandonato, per una lunghezza complessiva di 4270 m.

La pendenza dell'alveo viene calcolata come valore medio sull'intero tratto analizzato. In particolare tale valore risulta pari a circa 0.00023 m/m. La scabrezza dell'alveo viene invece stimata sulla base delle condizioni dello stesso, con presenza di vegetazione lungo le sponde; si assume pertanto una scabrezza pari a circa 0,05 secondo Manning, corrispondente a circa $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ secondo Gauckler-Strickler per quanto riguarda l'alveo inciso e per le parti esterne.

Si riporta nella figura a seguire l'estensione dell'area dello schema di calcolo, le cui celle hanno dimensioni 5 x 5 metri.

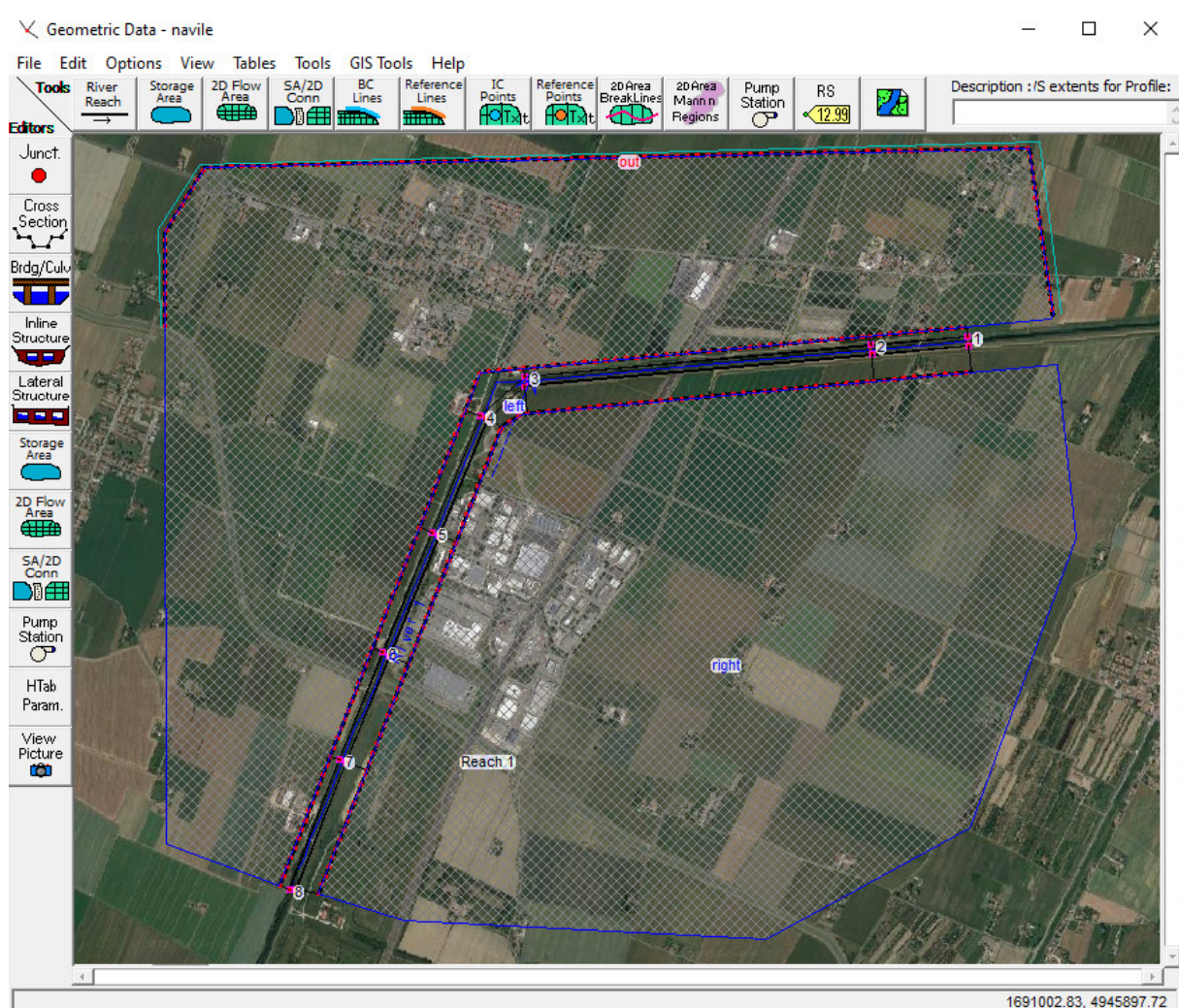


Figura 21 - Rappresentazione dello schema di calcolo 1D-2D in ambiente HEC-RAS.

Essendo il tratto di interesse del Canale Navile arginato, è stata ipotizzata una rottura completa dell'argine in sinistra idraulica a valle del CER, lunga 50 metri, per valutare la propagazione sul territorio dell'onda di piena.

La posizione della rottura arginale è stata valutata per tentativi in relazione al maggior allagamento del territorio che avrebbe determinato in corrispondenza dell'area di interesse. La posizione più gravosa è risultata quella rappresentata nella figura seguente.

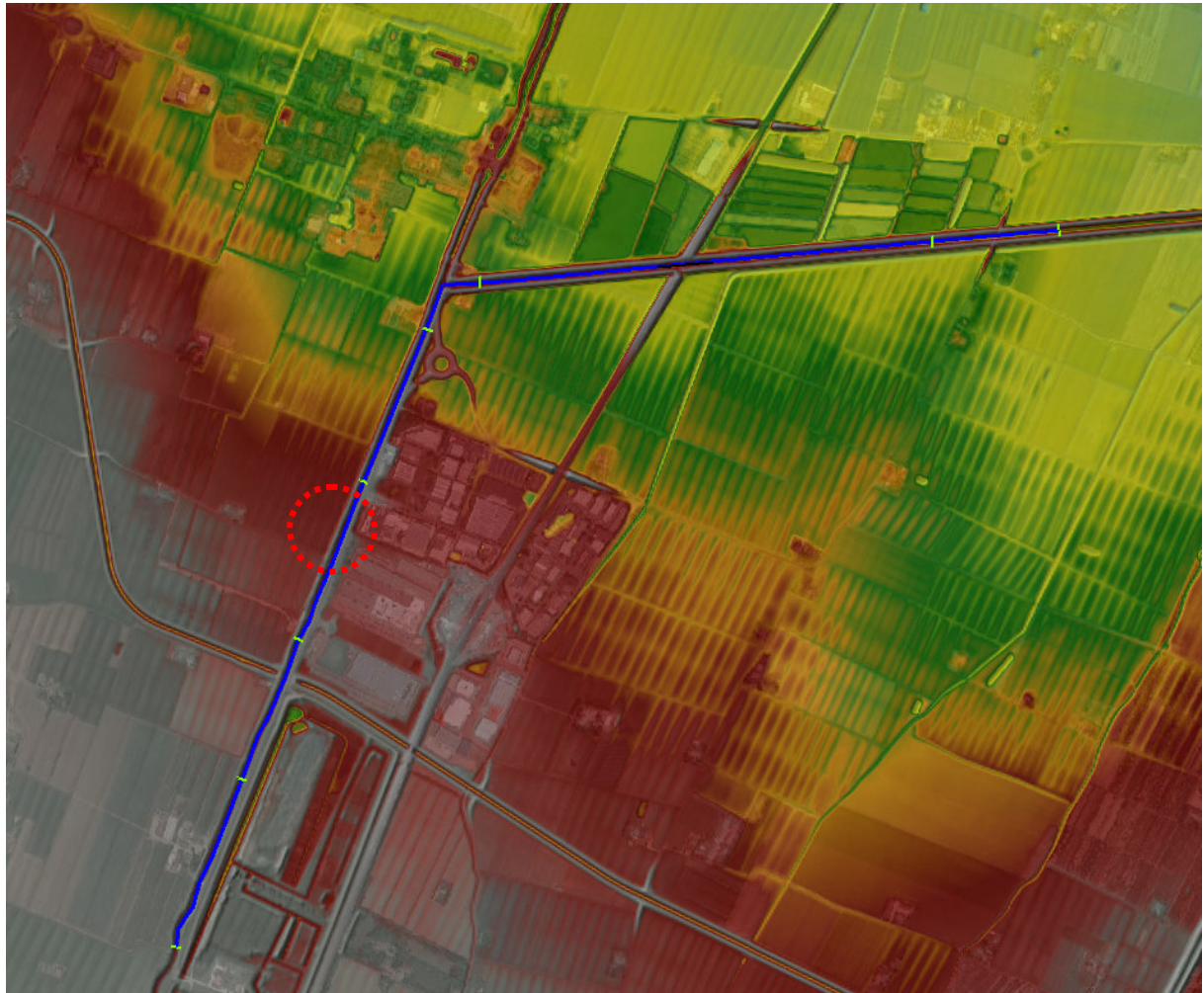


Figura 22 - Rappresentazione della cartografia LIDAR-DTM della Regione Emilia-Romagna all'interno di HEC-RAS con evidenziata la posizione della rottura arginale completa per una lunghezza di 50 metri.

Di seguito si riporta la mappa dei tiranti idrici complessiva per l'intera area.

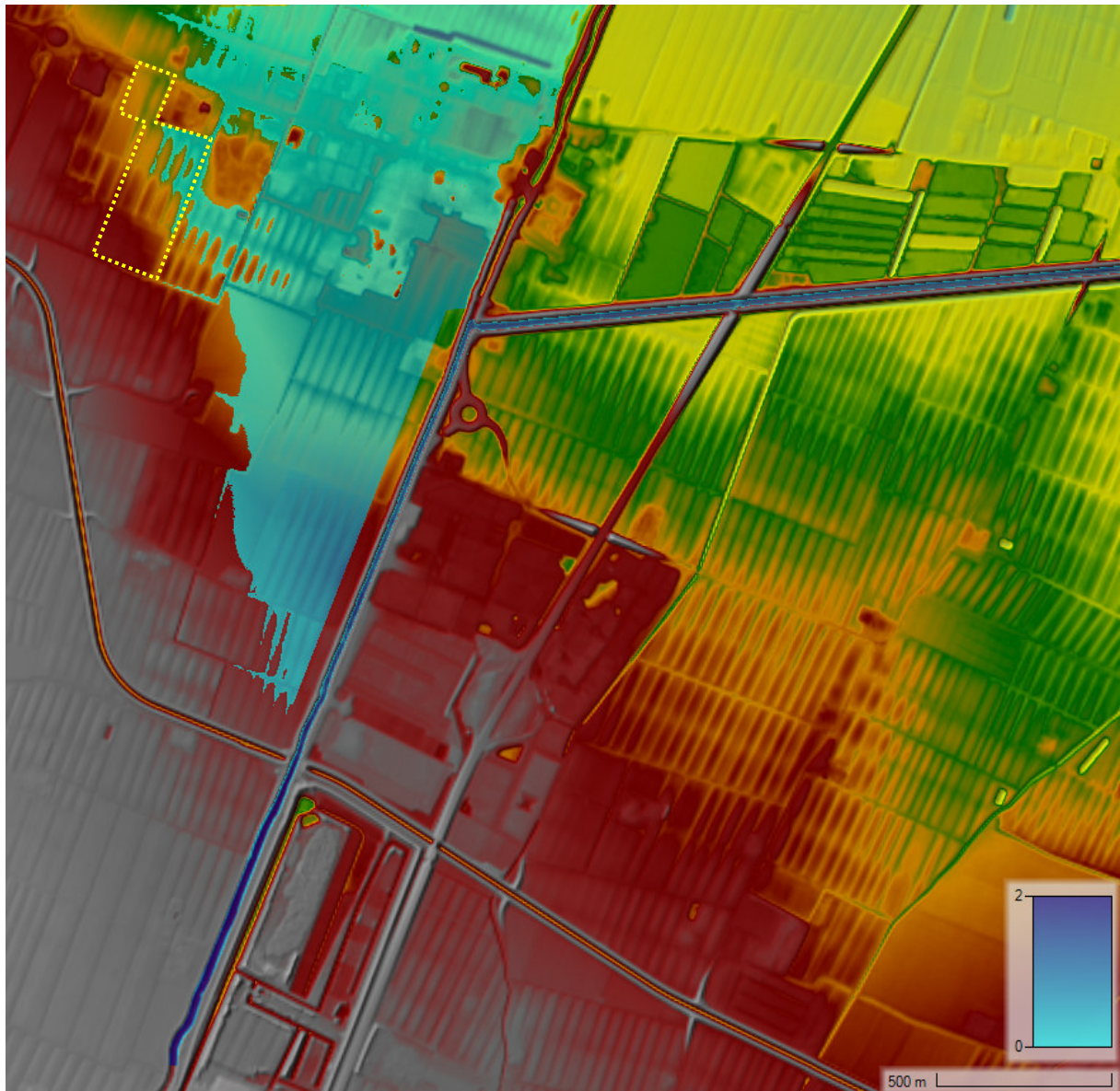


Figura 23 - Rappresentazione delle aree allagate con rappresentazione dei tiranti idrici su cartografia LIDAR-DTM nell'ipotesi di portata con $TR=200$ anni e rottura arginale in sinistra idraulica.

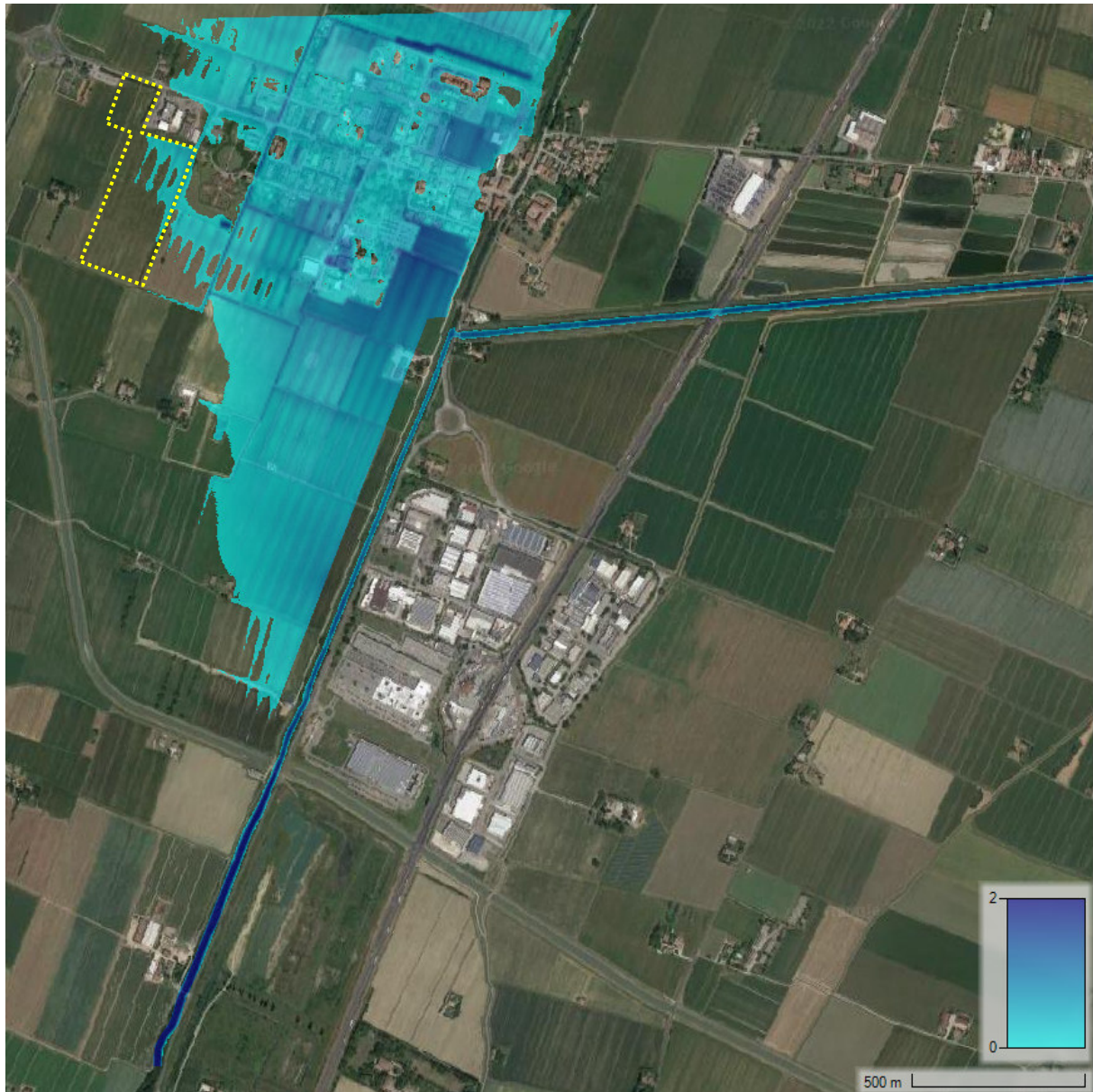


Figura 24 - Rappresentazione delle aree allagate con rappresentazione dei tiranti idrici su foto aerea nell'ipotesi di portata con $TR=200$ anni e rottura arginale in sinistra idraulica.

In dettaglio si riportano i risultati per l'area di interesse.



Figura 25 - Rappresentazione delle aree allagate TR pari a 200 anni su foto aerea in prossimità dell'intervento progettuale con evidenziata l'area di interesse nell'ipotesi di portata con TR=200 anni e rottura arginale in sinistra idraulica.

Pertanto l'area di oggetto di studio viene interessate da situazioni di allagamento superficiale, nella parte nord del comparto, dovute al Canale Navile, a seguito di una ipotizzata rottura arginale subito a valle dell'intersezione con il CER.

Ancora con maggiore dettaglio si valutano anche i tiranti idrici e le quote assolute raggiunte dall'acqua nel sito di interesse.



Figura 26 - Rappresentazione delle aree allagate TR pari a 200 anni su foto aerea con indicazione dei tiranti idrici nell'area oggetto di studio nell'ipotesi di rottura arginale in sinistra idraulica.

Il tirante idrico in prossimità dell'area di interesse varia tra circa 8 cm, a sud, fino a circa 71 cm al massimo a nord dell'intervento riferiti a punti di minimo connessi all'attuale presenza di scoline nei campi.

In relazione alle quote assolute che potenzialmente potrebbe raggiungere l'acqua si hanno valori variabili tra circa 14.00 m s.l.m. e 14.02 m s.l.m. nell'area a nord del comparto.

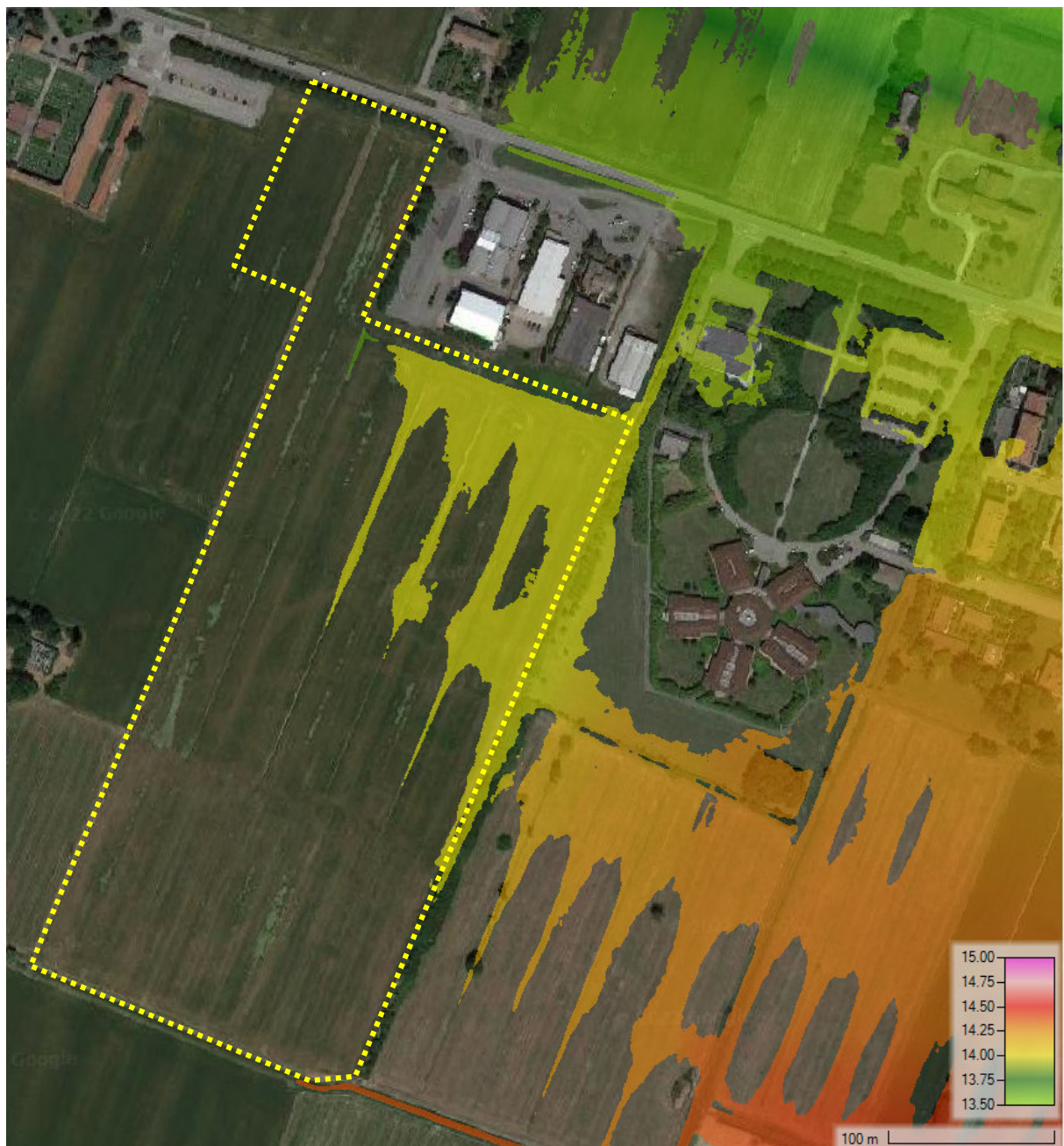


Figura 27 - Rappresentazione delle aree allagate con TR pari a 200 anni in prossimità dell'intervento progettuale con riferimento alle quote altimetriche assolute dell'acqua nell'ipotesi di rottura arginale in sinistra idraulica.

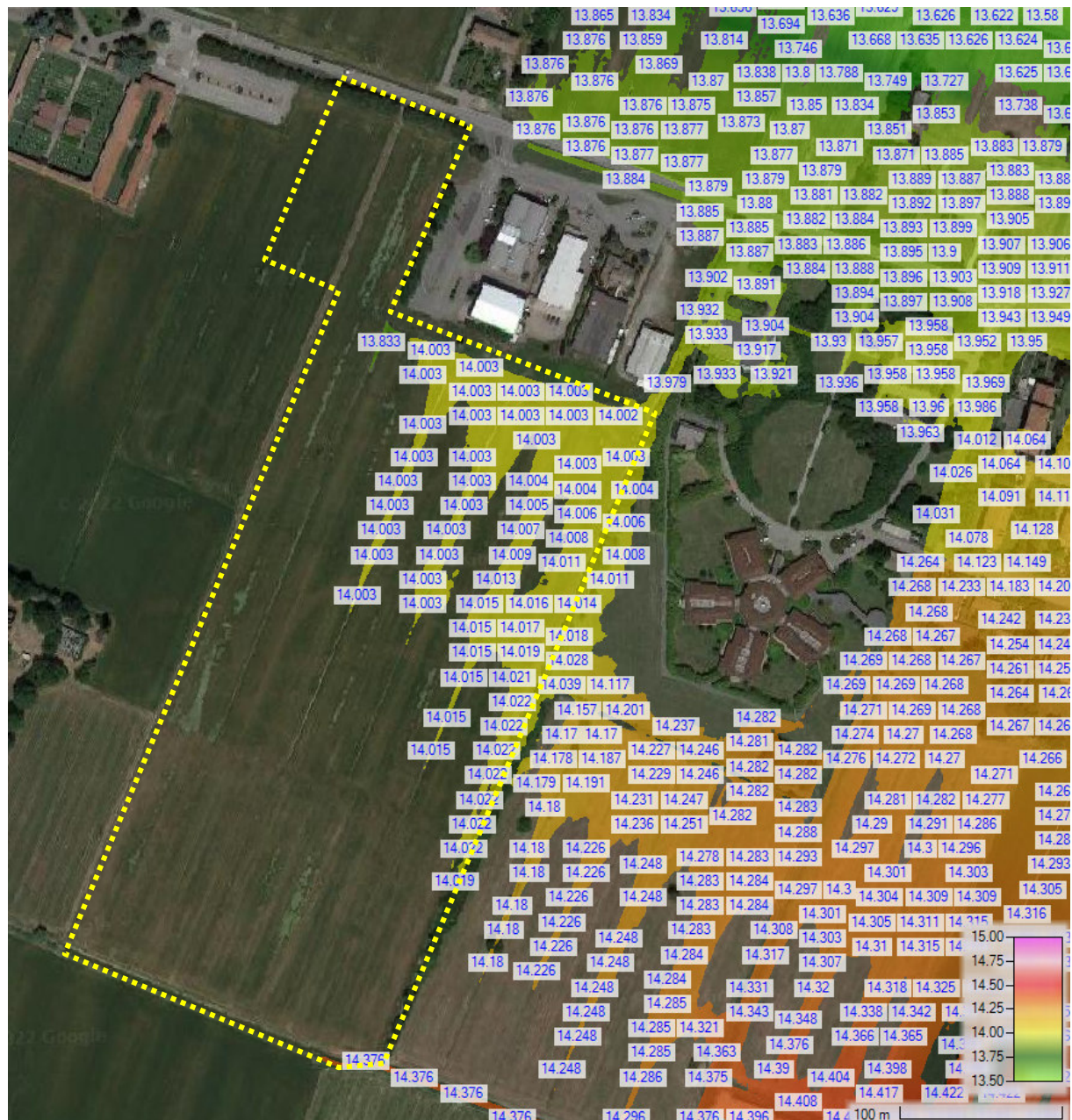


Figura 28 - - Rappresentazione delle aree allagate con TR pari a 200 anni in prossimità dell'intervento progettuale con evidenziati le quote altimetriche assolute dell'acqua.

In termini di velocità dell'acqua si hanno valori massimi di circa 0.45 m/s, come evidenziato nelle figure seguenti.



Figura 29 - Rappresentazione delle aree allagate con TR pari a 200 anni in prossimità dell'intervento progettuale con riferimento alle velocità massime raggiunte dall'acqua.

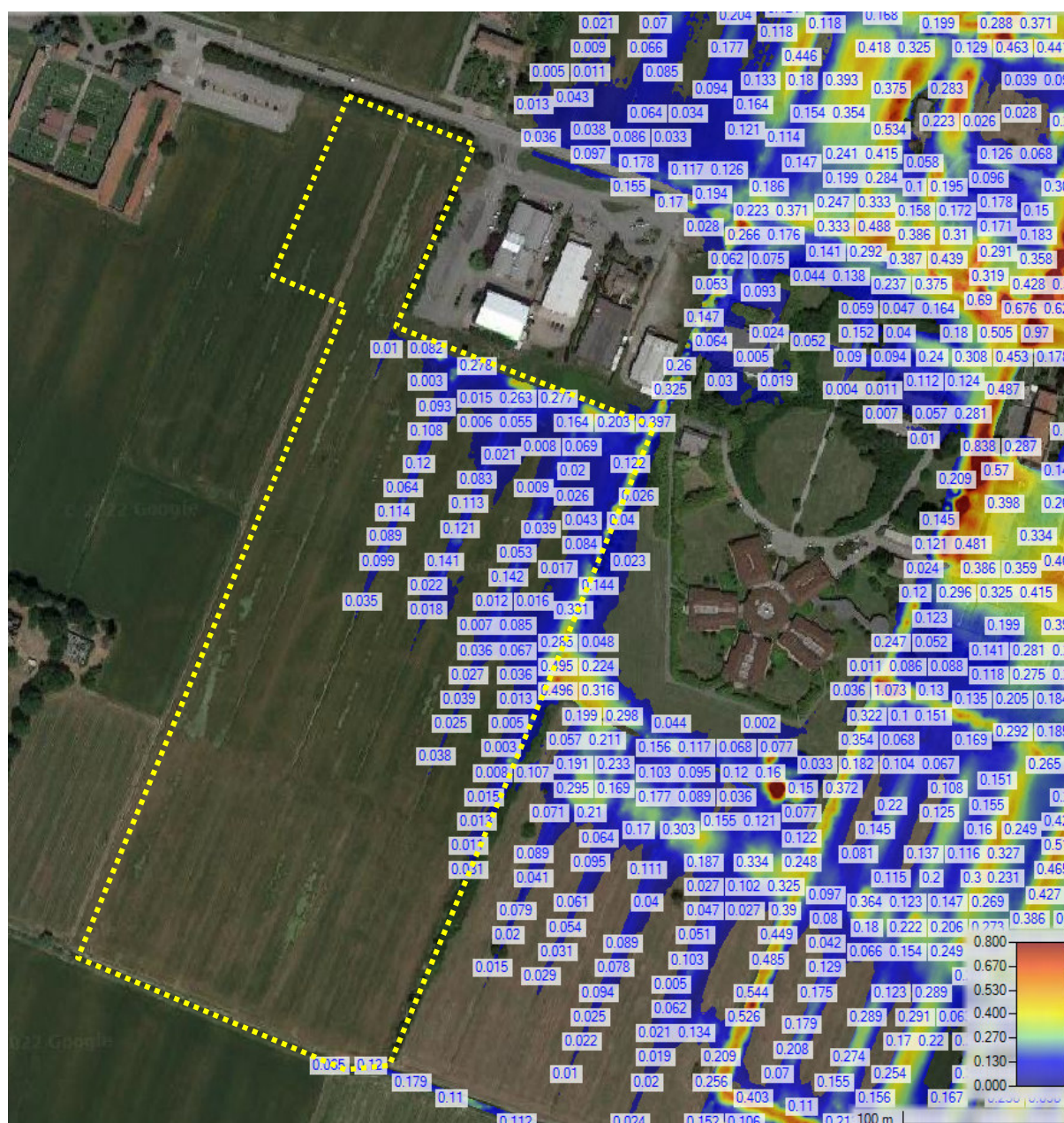


Figura 30 - Rappresentazione delle aree allagate con TR pari a 200 anni in prossimità dell'intervento progettuale con evidenziati le velocità massime raggiunte dall'acqua.

Per la modellazione non è stato considerato lo scolo Calcarata in quanto, data la presenza del CER a monte dell'intervento, e in funzione delle pendenze del terreno da sud a nord, non risultava significativo in termini di rischio di allagamento dell'area in oggetto.

Secondo quanto evidenziato dalla modellazione idraulica, il nuovo comparto in oggetto dovrà avere il piano terra ad una quota altimetrica superiore, in termini assoluti, a circa 14.02 m s.l.m.

5. CONCLUSIONI

La presente relazione ha affrontato gli aspetti idraulici connessi all'attestazione di assenza di incremento del rischio idraulico per l'intervento inerente la realizzazione di un comparto l'intervento residenziale di espansione, ambito ANS-C 10, sito in via G. Marconi nel Comune di Bentivoglio (Bo).

L'analisi è stata condotta analizzando nella prima fase la cartografia PGRA della Regione Emilia-Romagna che colloca tale area in zone P2 ossia in aree che possono risultare inondabili con Tempi di Ritorno tra 100 e 200 anni (media probabilità). Nella seconda fase si è predisposto un modello idrologico-idraulico in grado di valutare le aree potenzialmente interessate da allagamenti qualora i corpi idrici vicini fossero interessati da piene con Tempo di Ritorno di 200 anni.

Lo studio ha pertanto riguardato il Canale Navile, che si trova ad est del comparto, a circa 1 km di distanza.

Con le ipotesi particolarmente gravose assunte per le valutazioni idrauliche, ossia la rottura dell'argine in sinistra idraulica del Canale Navile sottoposto ad una portata con $TR=200$ anni, si evidenzia che l'area può essere interessata da allagamenti.

Pertanto le simulazioni portano a dover assumere che i nuovi edificio dovranno avere il piano terra ad una quota altimetrica superiore al valore massimo raggiungibile dall'acqua pari 14.02 m s.l.m. Ovviamente considerando un adeguato franco idraulico, rispetto alla modellazione numerica, si suggerisce di attestare gli edifici ad almeno 14.30 m s.l.m.